

**Краткое руководство по эксплуатации программного
обеспечения «Симулятор фрезерного станка с ЧПУ»**

<https://sunspire.site/ru/>

1. Общее описание программного продукта

Симулятор фрезерного станка с ЧПУ представляет собой мультимедийное приложение, предназначенное для базового ознакомления начинающих специалистов машиностроительного профиля с принципами программирования операций фрезерной обработки деталей с использованием стандартного (ISO) G-кода.

Основная задача приложения – синтаксический анализ (парсинг) кода управляющих программ с целью построения графической модели траекторий режущего инструмента в трёхмерном пространстве.

Основные функции приложения:

- редактирование кода управляющих программ фрезерного станка;
- операции с файлами управляющих программ;
- настройка геометрических параметров режущего инструмента;
- непрерывное/пошаговое выполнение блоков управляющих программ;
- трёхмерная визуализация перемещений инструмента в рабочем пространстве станка;
- упрощённая визуализация обрабатываемой поверхности детали;
- расчёт режимов обработки;
- краткое справочное руководство по использованию G-кода.

Основные ограничения приложения: низкая точность моделирования поверхности резания, невозможность использования полигональной геометрии в качестве обрабатываемой заготовки, упрощённая модель элементов оснастки станка.

Тип целевого вычислительного устройства и поддерживаемая платформа: IBM-совместимый персональный компьютер под управлением Microsoft Windows, персональный компьютер Apple Macintosh под

управлением MacOS, мобильные устройства на базе операционных систем Android и iOS.

Графическая составляющая программного обеспечения использует компонентную базу OpenGL 2.0. Графический интерфейс пользователя программы реализован на русском, английском и китайском языках.

Многоплатформенная поддержка позволяет использовать программный продукт на различных вычислительных устройствах, включая интерактивные доски, смартфоны, планшетные и настольные компьютеры, что, в свою очередь, повышает гибкость и мобильность образовательного процесса, соответствуя современному уровню информатизации образования.

Минимальные системные требования:

- центральный процессор: Intel/AMD, не менее 2 ГГц;
- ОЗУ: не менее 1 Гб;
- видеопамять: не менее 512 Мб;
- разрешение экрана: не менее 1024x768x32;
- OpenGL 2.0 (а также Vulkan на мобильных платформах);
- DirectX версии 9.0.c (для ОС Microsoft Windows);
- стандартная клавиатура и компьютерная мышь с колесом прокрутки (сенсорный экран для мобильных платформ);
- средства воспроизведения звука (аудиоколонки или наушники).

Программное обеспечение имеет специальную версию, поддерживающую аппаратное взаимодействие с физическим ЧПУ-контроллером NEWKer CNC Series 16iM. Данная версия программы поставляется в комплекте программно-аппаратного учебного комплекса, разработанного компанией Yantai ChangHao Intelligent Technology Co., Ltd (Китай, г. Яньтай). Взаимодействие программной и аппаратной составляющих учебного комплекса выполняется в соответствии с сетевым протоколом

прикладного уровня ModBus. Прямое подключение ЧПУ-контроллера к персональному компьютеру осуществляется посредством интерфейса RS-485.

2. Описание графического интерфейса пользователя

Главный экран приложения представляет собой интерактивную трёхмерную сцену с изображением геометрической модели фрезерного трёхосевого обрабатывающего центра, помещённой в условное окружающее пространство. Наблюдение за моделью осуществляется с помощью виртуальной камеры, ракурс которой можно изменять в процессе работы.

Наряду с трёхмерными графическими элементами на главном экране отображаются двумерные элементы управления – кнопки, переключатели и основная текстовая информация о моделируемых процессах (рис. 1).

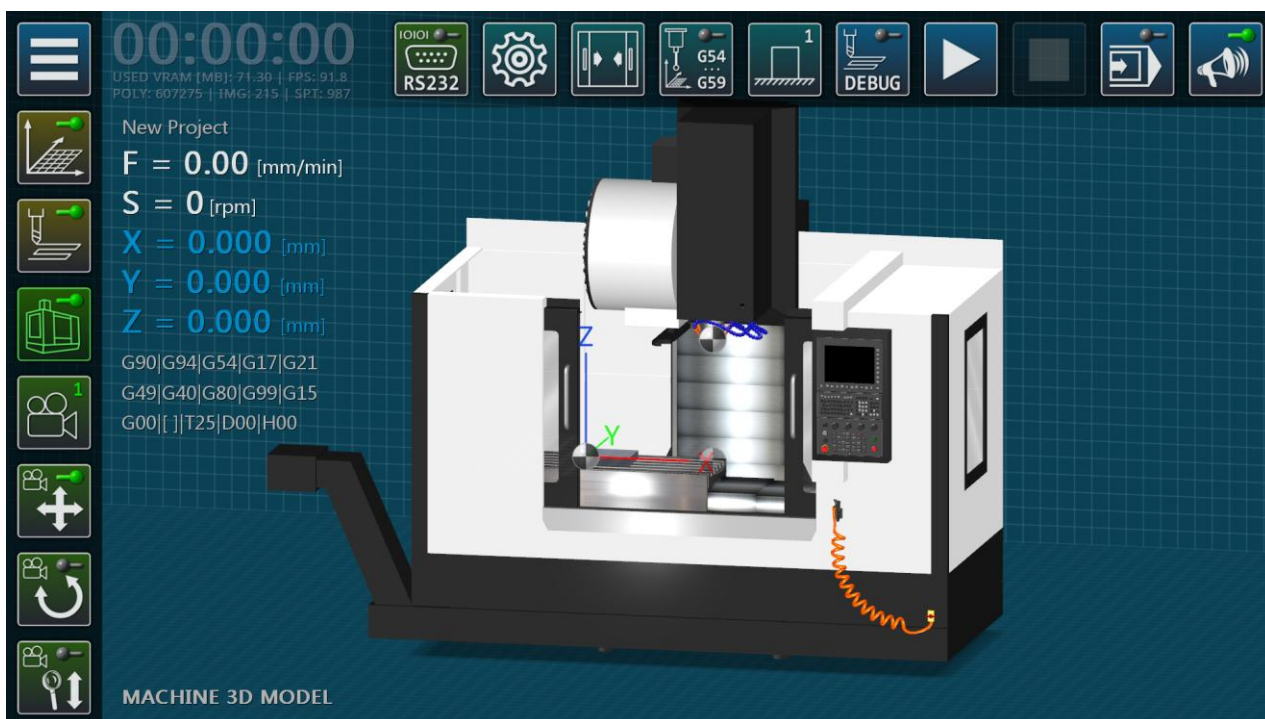


Рисунок 1 – Главный экран приложения

В левой части главного экрана расположена вертикальная панель основных функциональных кнопок (табл. 1).

Таблица 1 – Основные функциональные кнопки главного экрана




Изображение кнопки	Наименование функции	Описание функции
	Главное меню	Отображение главного меню приложения
	Система координат	Отображение/скрытие системы координат и координатной сетки рабочего пространства станка
	Траектории инструмента	Отображение/скрытие графической модели траекторий перемещения режущего инструмента
	3D модель станка	Отображение/скрытие комплексной графической модели элементов фрезерного станка
	Текущая камера	Переключение режима виртуальной камеры
	Режим смещения	Режим планарного смещения виртуальной камеры (для устройств с сенсорным экраном)
	Режим вращения	Режим вращения виртуальной камеры (для устройств с сенсорным экраном)
	Режим масштабирования	Режим приближения/отдаления виртуальной камеры (для устройств с сенсорным экраном)

В верхней части главного экрана расположена горизонтальная панель кнопок управления процессом симуляции и настроек (табл. 2).

Таблица 2 – Кнопки управления процессом симуляции и настроек

Изображение кнопки	Наименование функции	Описание функции
	Настройки приложения	Отображение панели настроек приложения для выбора локализации и изменения скорости симуляции
	Автоматические двери	Изменение состояния автоматических дверей фрезерного станка (открытие/закрытие)
	Режим привязки заготовки	Режим определения положения рабочих систем координат заготовки с помощью измерительного датчика
	Режим привязки инструмента	Режим определения вылета и диаметра инструмента с помощью измерительного датчика
	Выбор технологической оснастки	Выбор способа закрепления заготовки на координатном столе
	Режим отладки	Быстрая отладка управляющей программы и построение полной модели траекторий инструмента
	Запустить	Запуск управляющей программы станка в режиме непрерывного выполнения кадров
	Приостановить	Приостановка управляющей программы станка

Таблица 2 – Продолжение

Изображение кнопки	Наименование функции	Описание функции
	Остановить	Прекращение выполнения управляющей программы станка
	Пошаговое выполнение	Включение/выключение режима пошагового выполнения управляющей программы станка
	Воспроизведение звуков	Включение/выключение звукового сопровождения процесса симуляции

При нажатии на кнопку «Главное меню» на экране отображается радиальное меню выбора вспомогательных диалоговых экранов приложения (рис. 2).



Рисунок 2 – Главное меню приложения

Кнопка 1 – «Создать проект» – предназначена для сброса текущих параметров симуляции. Данная функция используется, если после работы с открытым файлом необходимо начать новый проект управляющей программы. При нажатии на кнопку «Создать проект» на экране отображается модальный диалоговый экран подтверждения сброса текущих параметров симуляции.

Кнопка 2 – «Открыть проект» – предназначена для выбора и открытия файла управляющей программы станка. При нажатии на кнопку «Открыть проект» отображается экран открытия файла (рис. 3), в основной области которого выводится список каталогов и список файлов управляющих программ, записанных в рабочий каталог проектов.

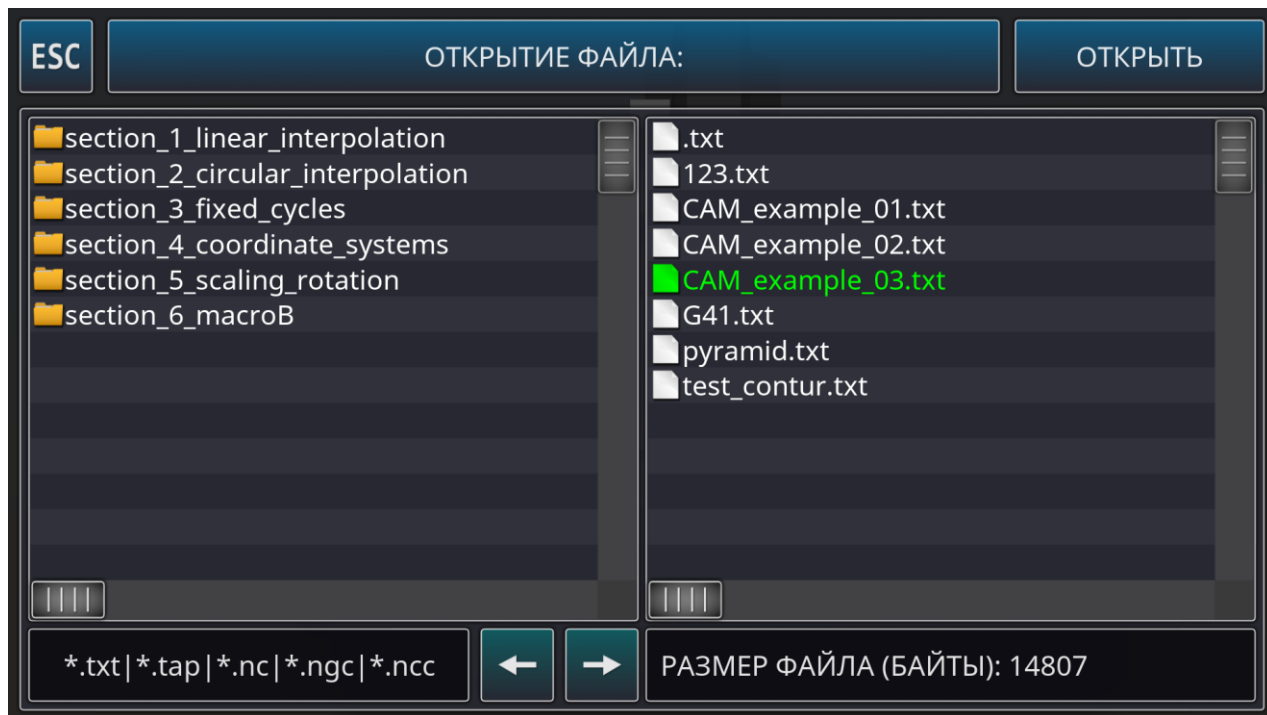


Рисунок 3 – Экран выбора открываемого файла

В нижней части экрана открытия файла расположен фильтр типов файлов, позволяющий отображать в списке файлы заданного формата. Симулятор поддерживает 5 форматов текстовых файлов управляющих программ: *.txt, *.tap, *.nc, *.ngc, *.ncc. В правой нижней части экрана отображается размер выбранного файла в байтах. Выбранный файл в списке

выделяется зеленым цветом. Если файл выбран, в верхней правой части экрана активизируется кнопка «Открыть».

В мобильной версии приложения в верхней части экрана открытия файла отображается дополнительная кнопка «Отправить», позволяющая отправить выбранный файл с помощью внешнего приложения (например, почтового клиента).

Кнопка 3 – «Сохранить проект» – предназначена для выбора локального пути и имени сохраняемого файла управляющей программы станка. При нажатии на кнопку «Сохранить проект» отображается экран сохранения файла (рис. 4), принцип взаимодействия с которым аналогичен экрану открытия файла. Имя сохраняемого файла вводится в специальное текстовое поле, расположенное в правой нижней части экрана, без указания расширения. Расширение файла выбирается с помощью переключателя в нижней левой части экрана.

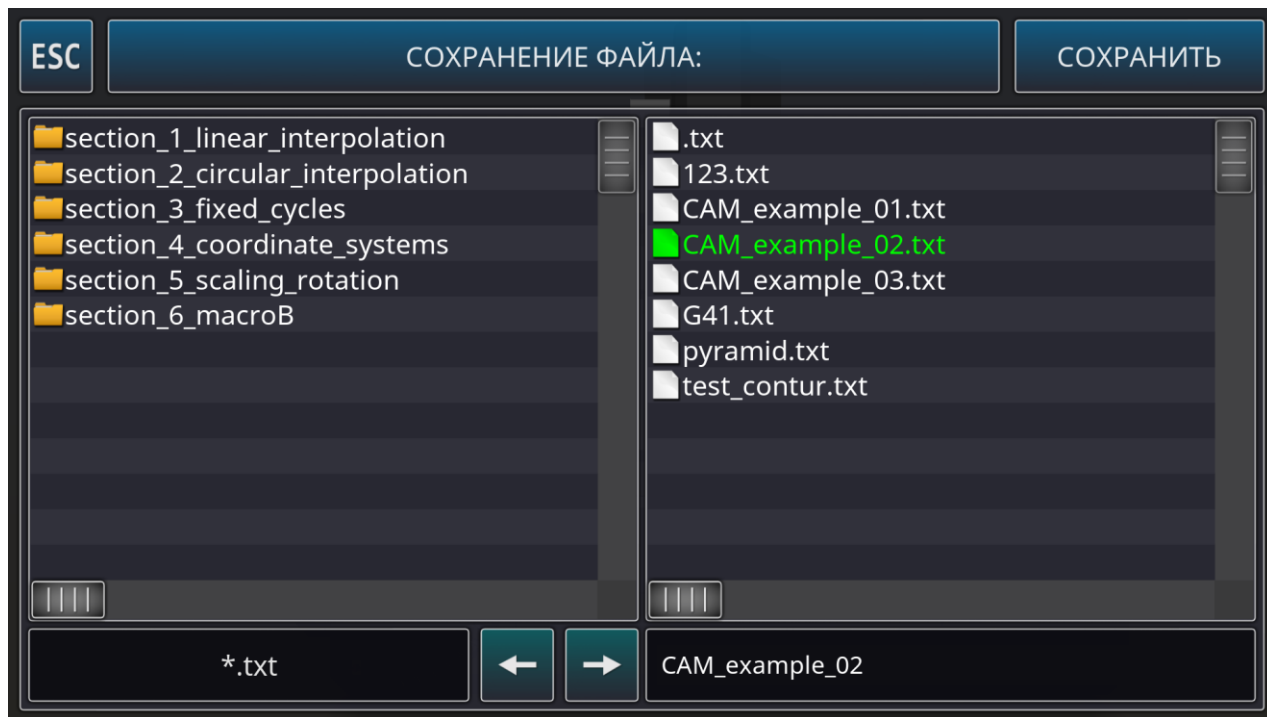


Рисунок 4 – Экран сохранения файла

Файлы управляющих программ и вложенные каталоги стандартных примеров управляющих программ расположены в каталоге «C:\Users\...\Documents\CNC_VMC_projects» в системе Microsoft Windows. В системе Android путь расположения файлов управляющих программ по умолчанию: «/storage/emulated/0/CNC_VMC_projects» или «/storage/emulated/0/Android/data/com.virtlab.cncvmcsim/files/CNC_VMC_projects» (для поздних версий ОС Android). В системах iOS и MacOS файлы управляющих программ хранятся в рабочем каталоге приложения.

Кнопка 4 – «Лицензионная информация» – предназначена для отображения экрана вывода основной лицензионной информации о лицензиаре и лицензиате программного продукта.

Кнопка 5 – «Завершение работы» – предназначена для отображения диалогового экрана завершения работы симулятора.

Кнопка 6 – «Параметры заготовки» – предназначена для отображения экрана настройки параметров обрабатываемой заготовки (рис. 5).



Рисунок 5 – Экран настройки параметров заготовки

В левой части экрана параметров заготовки расположен блок числовых и строковых полей с кнопками увеличения/уменьшения значений. С помощью данных параметров можно задать геометрические размеры обрабатываемой заготовки и выбрать цвет моделируемой поверхности (по названию материала). В правой части экрана отображается каркасная геометрическая модель прямоугольной заготовки и её основные размеры. Геометрическую модель заготовки можно вращать с помощью мыши или касания сенсорного экрана. Также в правой верхней части экрана расположены кнопки масштабирования модели.

В центральной верхней части экрана расположены заголовочные кнопки, предназначенные для переключения режима настройки заготовки. По умолчанию при открытии диалогового экрана параметров заготовки осуществляется настройка габаритов обрабатываемой заготовки. Кнопка «Системы координат» предоставляет возможность настройки относительного положения систем координат заготовки (рис. 6).

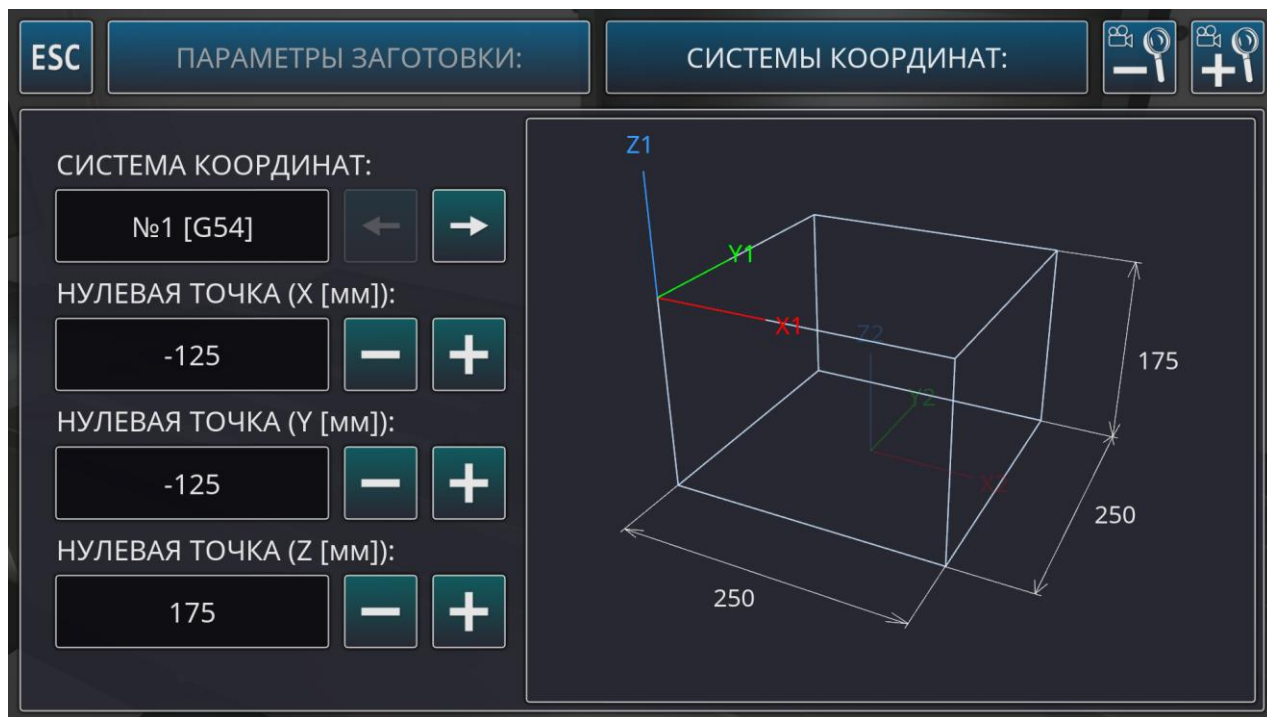


Рисунок 6 – Экран настройки систем координат

Для предварительной настройки доступны 6 рабочих систем координат заготовки. Дальнейшее переключение между рабочими системами координат в процессе симуляции осуществляется программно путём использования специальных кодов управления G54-G59. В данном режиме координаты, представленные на левой панели, не являются машинными координатами, а представляют собой смещения осей относительно центра заготовки. Таблица фактических машинных координат или нулевых корректоров детали выводится на экран при выборе механических тисков в качестве способа закрепления детали на координатном столе, а также в режиме привязки заготовки с помощью датчика.

Информация о параметрах заготовки сохраняется в начале файла управляющей программы в виде комментариев.

Кнопка 7 – «Параметры инструмента» – предназначена для отображения экрана настройки параметров режущего инструмента (рис. 7).



Рисунок 7 – Экран настройки режущего инструмента

В левой части экрана параметров инструмента расположен блок числовых и строковых полей с кнопками увеличения/уменьшения значений, а также переключения позиций. С помощью данных параметров можно задать тип используемого в симуляции режущего инструмента, конструкцию, а также геометрические размеры рабочей части режущего инструмента.

В правой части экрана отображается упрощенный чертеж выбранного инструмента и его технологической оснастки с выводом основных размеров. Обновление чертежа осуществляется в реальном времени при изменении параметров инструмента.

В верхней части экрана расположены заголовочные кнопки аналогично экрану параметров заготовки. Кнопка «Таблица корректоров» отображает на экране сводную таблицу геометрических размеров всех используемых инструментов с соответствующими номерами корректоров, используемыми программными функциями G41/G42/G43/G44.

Кнопка 8 – «Редактор управляющих программ» – предназначена для отображения текстового редактора кода управляющих программ на главном экране приложения (рис. 8).

Основная часть текстового редактора представлена списком строк управляющей программы, доступных для редактирования с физической клавиатуры. Редактирование текста управляющей программы станка осуществляется только в режиме остановленной симуляции. При выполнении процесса симуляции режим редактирования текста управляющей программе недоступен. При этом прокрутка текста управляющей программы осуществляется автоматически, а текущий выполняемый кадр программы выделяется зеленым цветом.

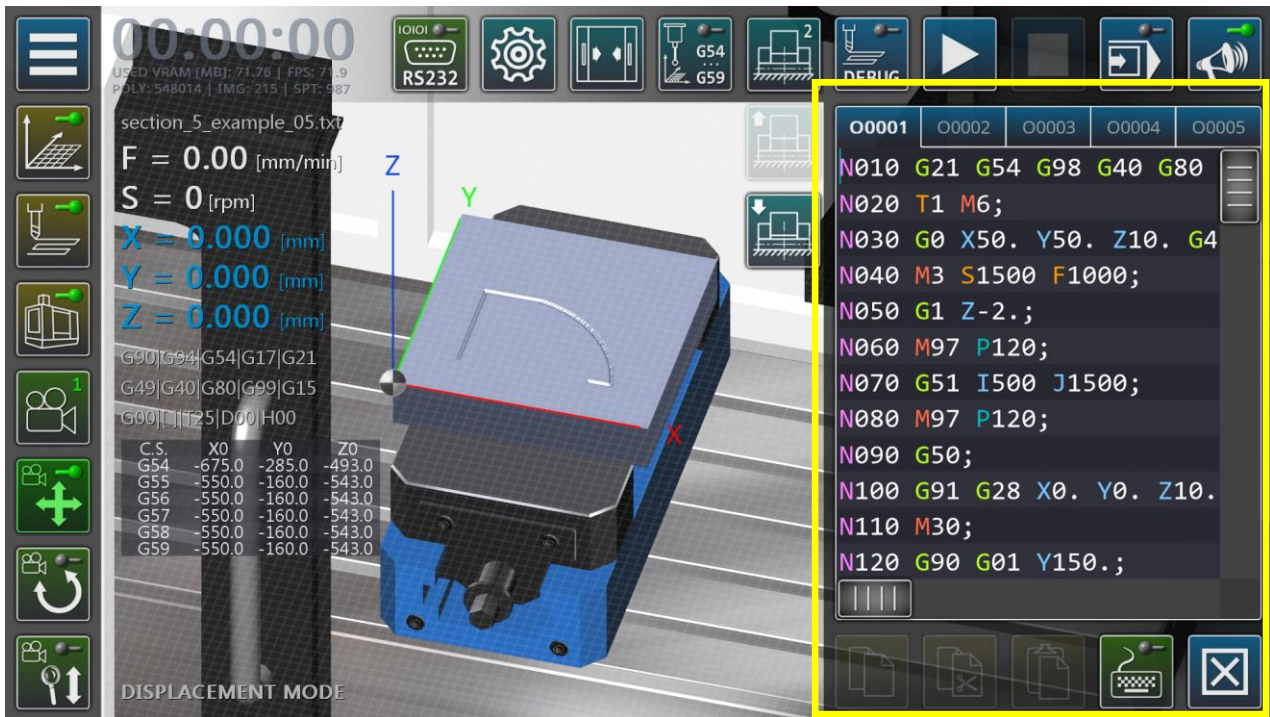


Рисунок 8 – Редактор управляющих программ в стандартном (уменьшенном) режиме отображения

В верхней части текстового редактора расположены вкладки, предназначенные для переключения управляющих программ текущего проекта (всего 5). Используя дополнительные вкладки, можно включать в управляющую программу внешние подпрограммы, нумерация которых соответствует номерам вкладок.

В нижней части текстового редактора расположены основные функциональные кнопки: «Копировать», «Вырезать», «Вставить», «Виртуальная клавиатура» и «Закреть редактор» (рис. 9).

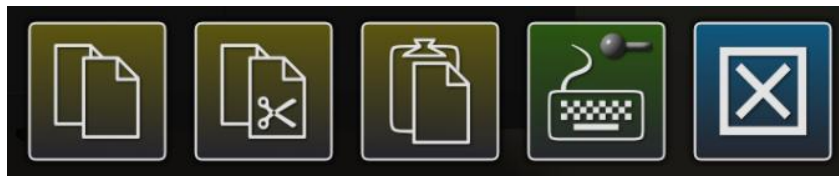


Рисунок 9 – Основные функциональные кнопки текстового редактора

Кнопка-переключатель «Виртуальная клавиатура» позволяет переключить редактор в полноэкранный режим (рис. 10).

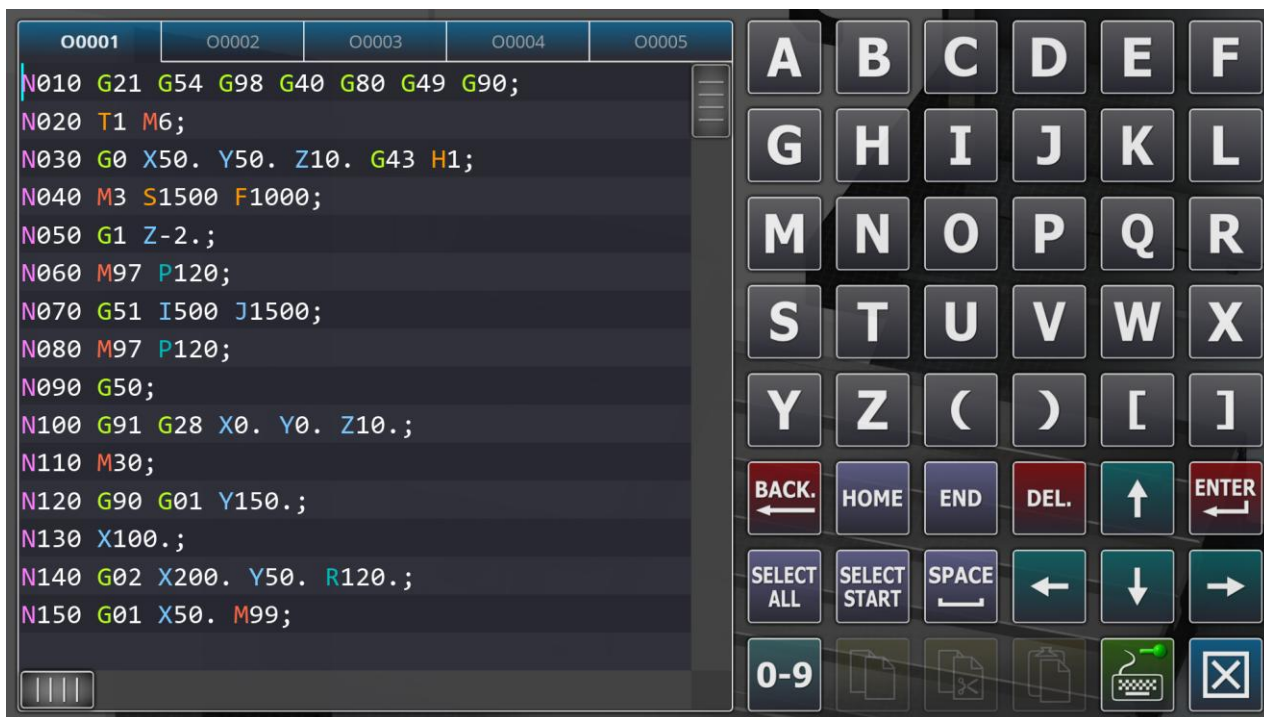


Рисунок 10 – Редактор управляющих программ в полноэкранный режиме отображения

В полноэкранный режиме текстовый редактор отображается в левой части экрана, а в правой части экрана отображается виртуальная буквенно-цифровая клавиатура, что позволяет редактировать текст на устройствах, оснащенных сенсорным экраном при отсутствии физической клавиатуры (например, на планшетных компьютерах или смартфонах).

В режиме редактирования текст кода управляющей программы имеет цветовую маркировку по группам буквенных кодов и адресов. Буквенные коды и адреса одной группы (например, технологические параметры T/H/D/S/F или координаты X/Y/Z/I/J/K) обозначаются одним цветом. В режиме выполнения управляющей программы цветовая маркировка кодов и адресов не применяется.

Кнопка 9 – «Калькулятор режимов обработки» – предназначена для отображения экрана калькулятора режимов фрезерной обработки (рис. 11).



Рисунок 11 – Экран калькулятора режимов обработки

С помощью числовых и строковых полей, расположенных в основной части экрана, задаются входные параметры процесса фрезерования. Поля, значения которых выделены голубым цветом, являются вспомогательными и отображают справочные значения параметров обработки. Выходными значениями режима обработки являются скорость вращения шпинделя и скорость рабочей подачи режущего инструмента. Данные значения вычисляются автоматически и выводятся в нижней части экрана.

Кнопка 10 – «Справочное руководство» – предназначена для отображения экрана встроенной справочной системы приложения (рис. 12). Справочное руководство содержит основные сведения о приложении и используемых инструментах числового программного управления. Справочная информация структурирована по 7 разделам: «О приложении», «Описание

модели», «Перечень команд», «Описание G-кодов», «Описание M-кодов», «Постоянные циклы», «Операторы MacroB».

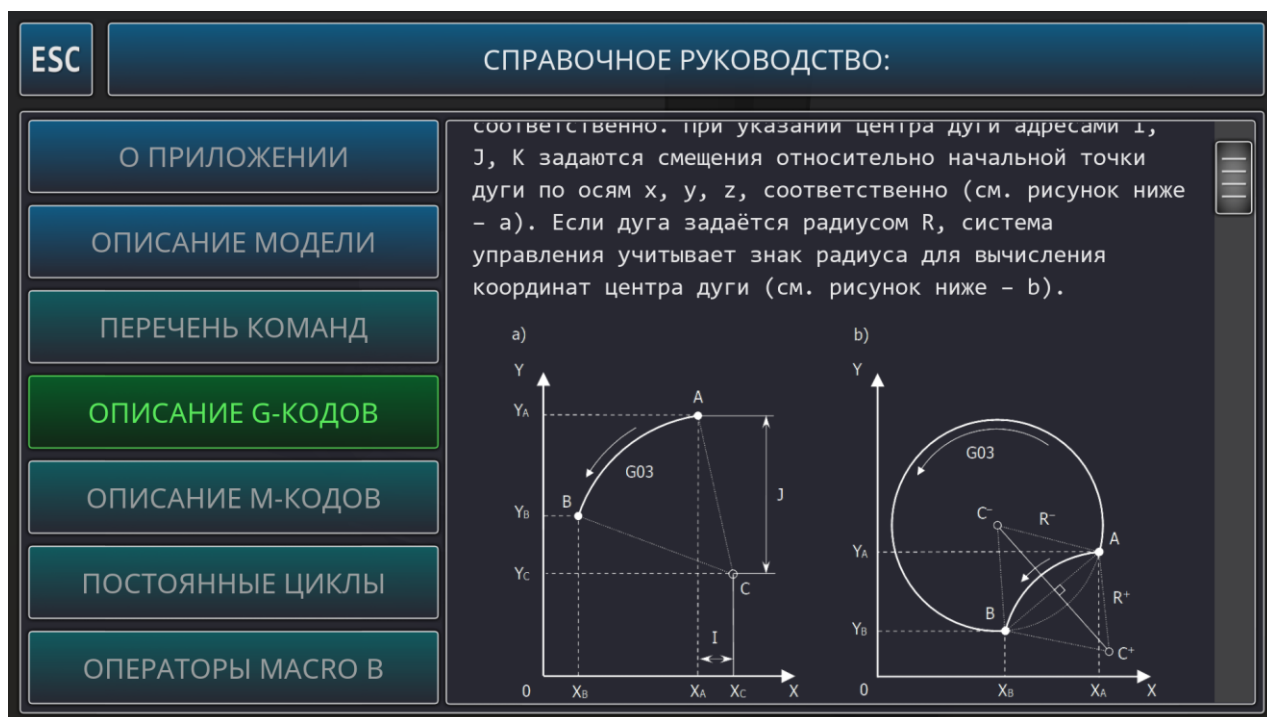


Рисунок 12 – Экран встроенной справочной системы

3. Принцип управления виртуальной камерой с помощью мыши

Основные манипуляции с камерой в режиме №1 могут осуществляться с помощью компьютерной мыши. При этом нажатие и удерживание левой кнопки мыши с сопутствующим перемещением мыши приводит к перемещению точки фокусировки камеры во фронтальной плоскости пространства. Нажатие и удерживание правой кнопки мыши с сопутствующим перемещением мыши приводит к вращению камеры относительно точки фокусировки. Углы вращения (азимут и элевация) камеры ограничены габаритами пространства модели. Изменение дистанции камеры осуществляется вращением колеса прокрутки в прямом и обратном направлениях (рис. 13).

На устройствах с сенсорным экраном управление камерой осуществляется с помощью жестов (Touch Screen).

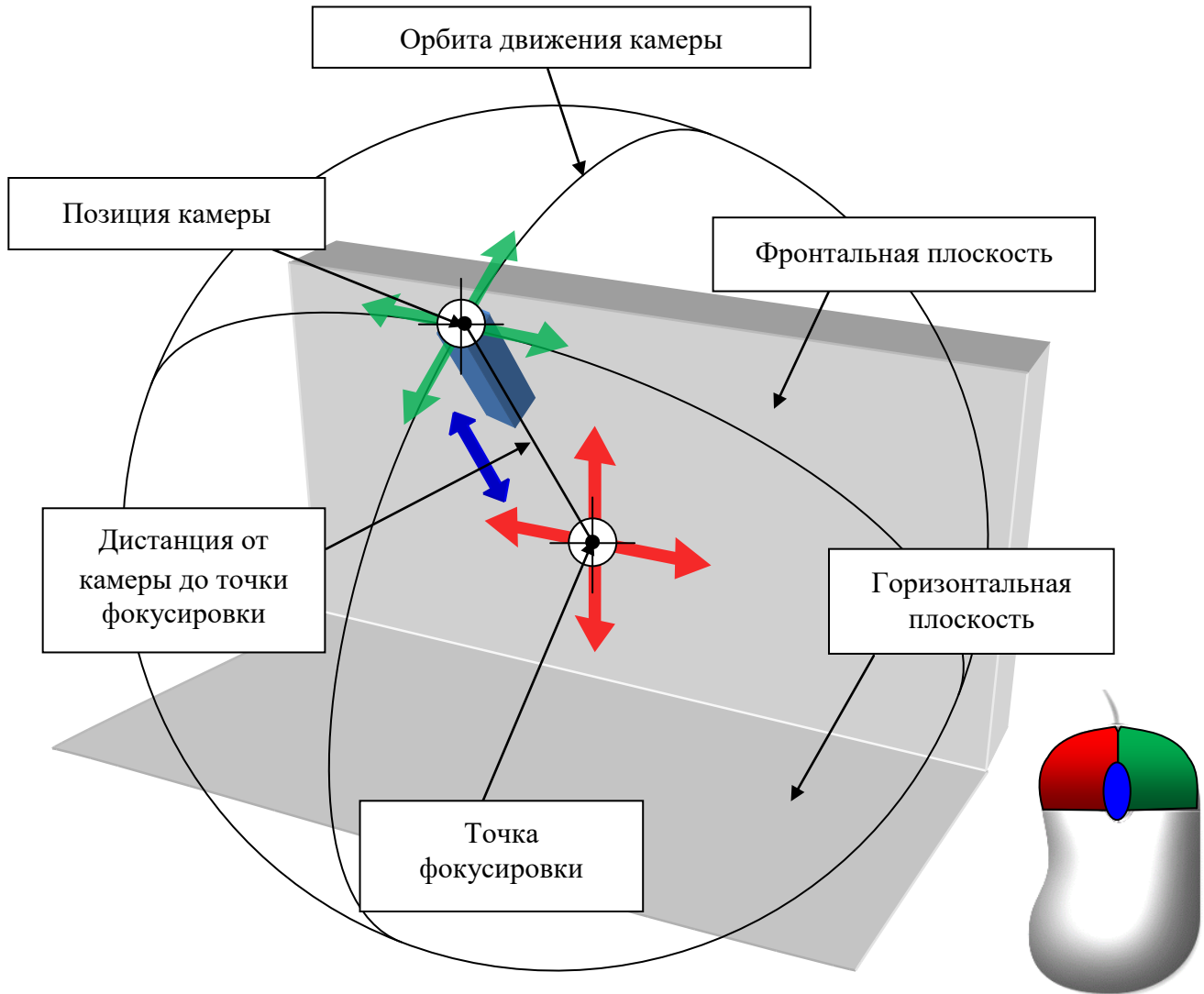


Рисунок 13 – Схема управления виртуальной камерой с помощью компьютерной мыши

4. Режим построения модели траекторий режущего инструмента или режим отладки управляющей программы

В режиме отладки синтаксический анализ (парсинг) управляющей программы осуществляется ускоренно – без фактических перемещений режущего инструмента и переключения режимов работы станка. В данном режиме трёхмерная модель станка, режущего инструмента и оснастки не отображаются на экране. При этом на экране отображаются габариты заготовки, активная система координат, обозначения нулевых точек и линии траекторий инструмента (рис. 14).

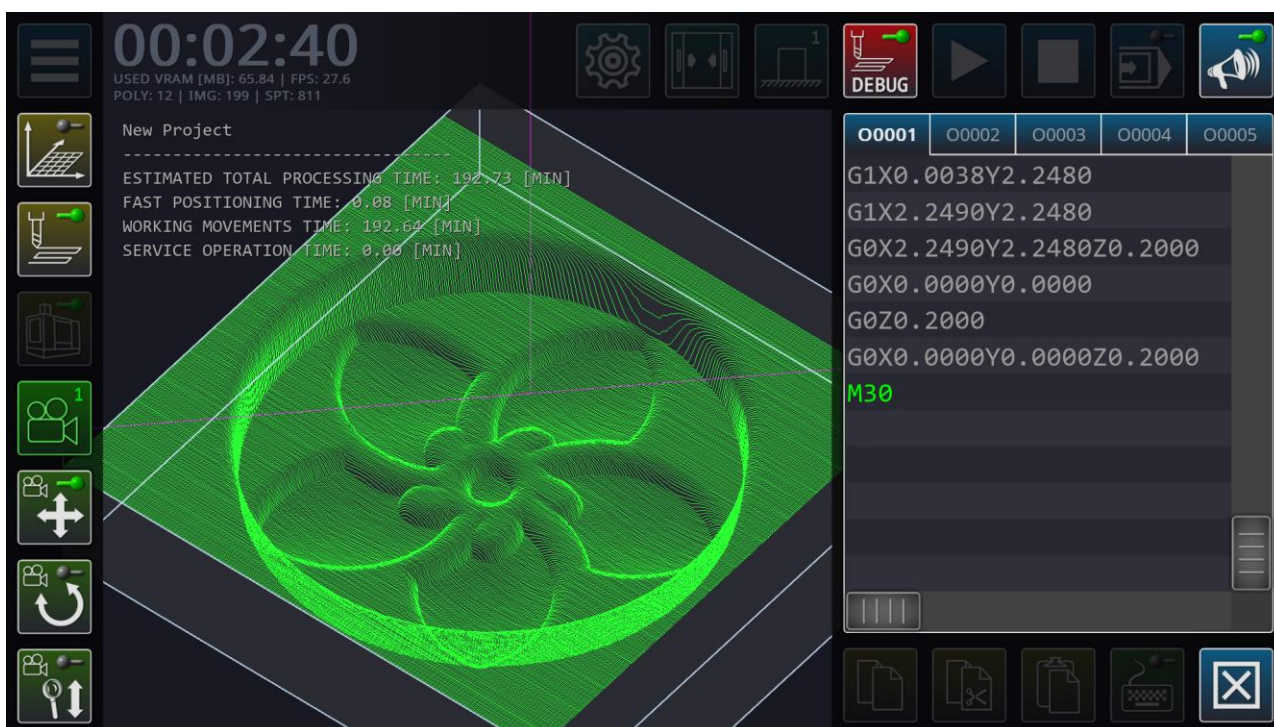


Рисунок 14 – Вид главного экрана программы-симулятора в режиме отладки управляющей программы

В левой части главного экрана отображаются расчётные показатели времени, затраченного на выполнение основных и вспомогательных технологических операций в минутах и секундах.

Когда модель траекторий построена, отдельные участки траекторий могут быть измерены с помощью функции измерения. Данная функция доступна только при наличии мыши у устройства. На устройствах с сенсорным экраном измерение траекторий не производится. Измерение производится по трём координатным осям. Для измерения выбранного участка левой кнопкой мыши необходимо выбрать две контрольные точки, лежащие на траектории (рис. 15). Измерения могут проводиться по двум произвольным точкам, относящимся к разным участкам траектории. Кроме того в процессе измерения возможно выделение характерных угловых точек заготовки.

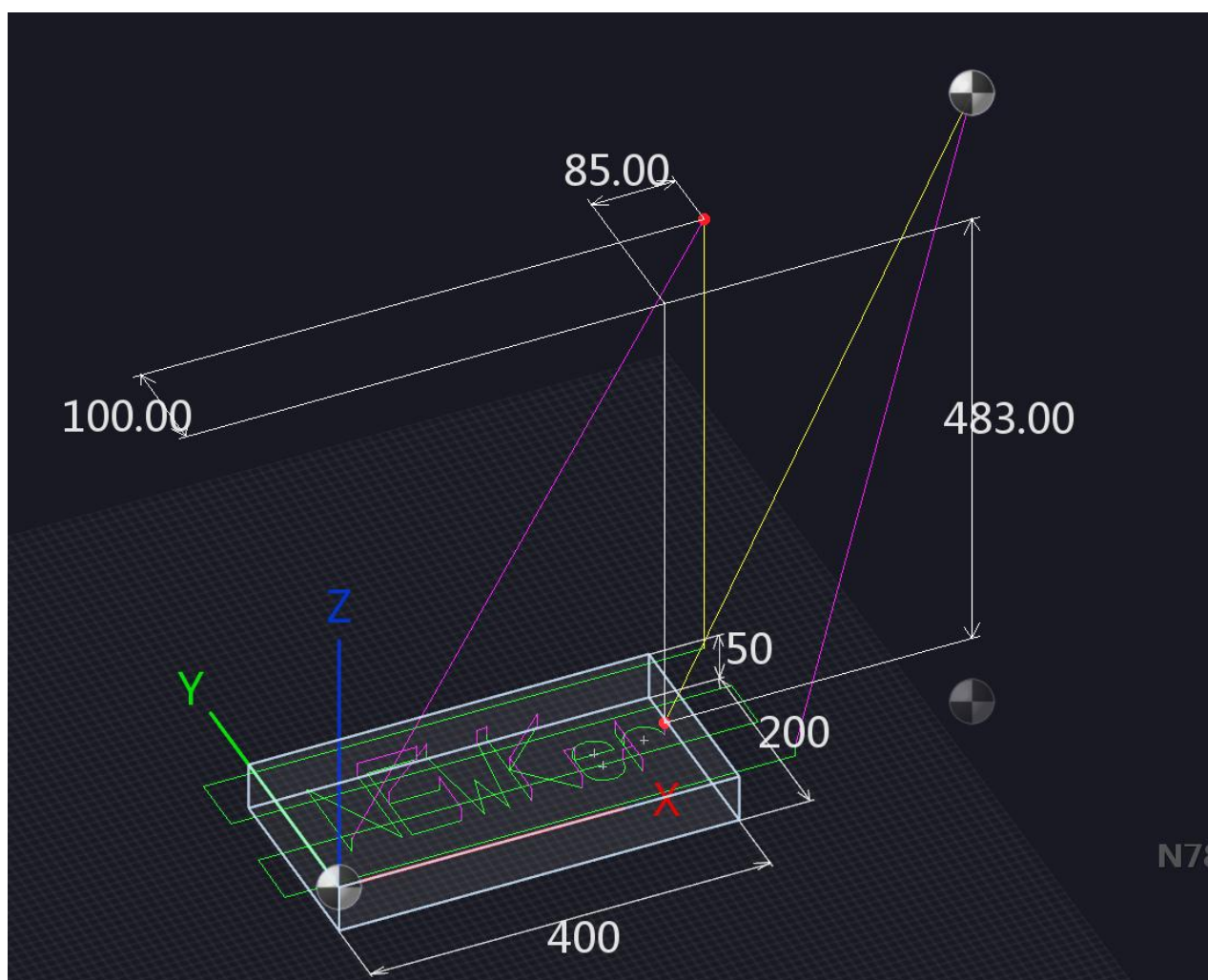


Рисунок 15 – Измерение участков траектории в режиме отладки

5. Режим определения положения рабочих систем координат заготовки с помощью измерительного датчика

В режиме привязки заготовки инструмент, установленный в шпиндель станка, заменяется 3D-щупом (Touch Probe). В правой части экрана отображается панель управления процессом привязки заготовки. В левой нижней части экрана отображается таблица корректоров детали (рис. 16).



Рисунок 16 – Вид главного экрана программы-симулятора в режиме привязки заготовки

Таблица корректоров детали содержит машинные координаты положения всех рабочих систем координат G54-G59. Используя кнопки панели управления в правой части экрана можно: сбросить значения всех нулевых корректоров, выбрать текущую редактируемую систему координат, установить пространственное положение щупа с помощью маховиков, имитирующих пульт ручного генератора импульсов (MPG), а также запустить автоматический цикл привязки (кнопка «Macro Cycle»). Автоматический цикл

привязки заготовки не редактируется пользователем, и осуществляет привязку к левому нижнему углу заготовки (при обзоре сверху).

По аналогии с реальным пультом MPG на панели управления в правой части экрана можно выбрать текущую ось станка, скорость ручной подачи, а также осуществить подачу измерительного инструмента вращением соответствующего маховика.

Если измерительный инструмент не касается поверхности заготовки, основные элементы панели управления находятся в активном состоянии (рис. 17.а). В момент касания измерительным инструментом одной из сторон заготовки, панель управления переходит в режим записи значения в таблицу корректоров (рис. 17.б.). В данном режиме активной остаётся только кнопка «Задать». При этом остальные элементы управления переходят в неактивный режим.



Рисунок 17 – Вид панели управления процессом привязки заготовки в режиме позиционирования щупа (а) и в режиме записи измеренного значения (б)

6. Режим определения вылета и диаметра инструмента с помощью измерительного датчика

В режиме привязки инструмента, на координатном столе станка отображается датчик привязки инструмента. Положение датчика соответствует машинному нулю станка по осям X и Y. Управление процессом привязки инструмента осуществляет по аналогии с режимом привязки заготовки. В правой части экрана отображается панель управления процессом привязки инструмента. В левой нижней части экрана отображается таблица корректоров инструментов (рис. 18).

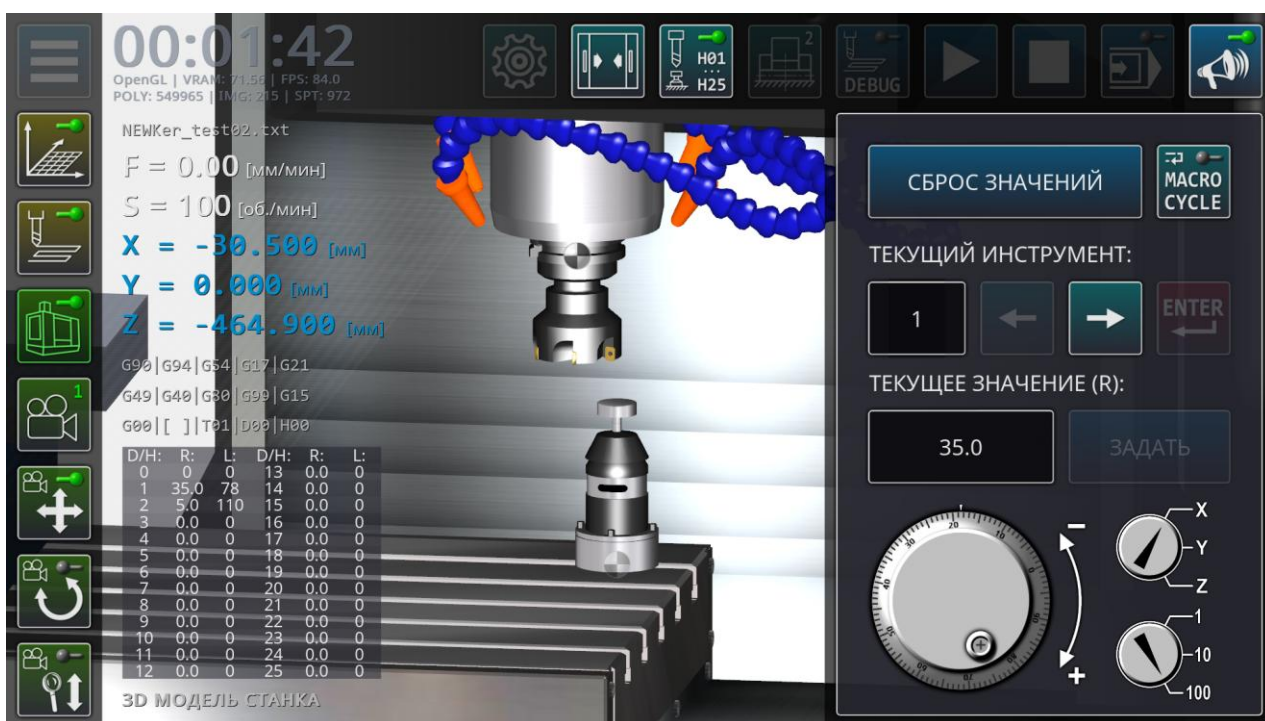


Рисунок 18 – Вид главного экрана программы-симулятора в режиме привязки инструмента

Таблица корректоров инструментов содержит значения радиуса и длины всех используемых инструментов. Используя кнопки панели управления в правой части экрана можно: сбросить значения всех корректоров инструментов, выбрать текущий измеряемый инструмент, установить

пространственное положение инструмента с помощью маховиков, а также запустить автоматический цикл привязки (кнопка «Macro Cycle»). Автоматический цикл привязки инструмента не редактируется пользователем, и осуществляет стандартную привязку инструмента по длине и радиусу. Включение оборотов шпинделя для инструментов большого диаметра производится автоматически.

По аналогии с режимом привязки заготовки, если инструмент не касается измерительного датчика, основные элементы панели управления находятся в активном состоянии (рис. 19.а). В момент касания инструментом верхней (в случае привязки по длине) или боковой (в случае привязки по радиусу) поверхности датчика, панель управления переходит в режим записи значения в таблицу корректоров (рис. 19.б). В данном режиме активной остаётся только кнопка «Задать». При этом остальные элементы управления переходят в неактивный режим.



Рисунок 19 – Вид панели управления процессом привязки инструмента в режиме позиционирования (а) и в режиме записи измеренного значения (б)

7. Краткие инструкции по работе с симулятором фрезерного станка в режиме подключения физического ЧПУ контроллера

Данный раздел касается только специальной версии симулятора, поддерживающей аппаратное взаимодействие с физическим ЧПУ-контроллером NEWKer CNC Series 16iM.

Программно-аппаратный учебный комплекс включает следующие компоненты: эргономичный безопасный корпус, ЧПУ контроллер NEWKer CNC Series 16iM (рис. 20), пульт управления с маховичком (MPG), релейную или интерфейсную плату (рис. 21), конвертер «485 to USB», комплект кабелей, персональный компьютер с симуляционным программным обеспечением.

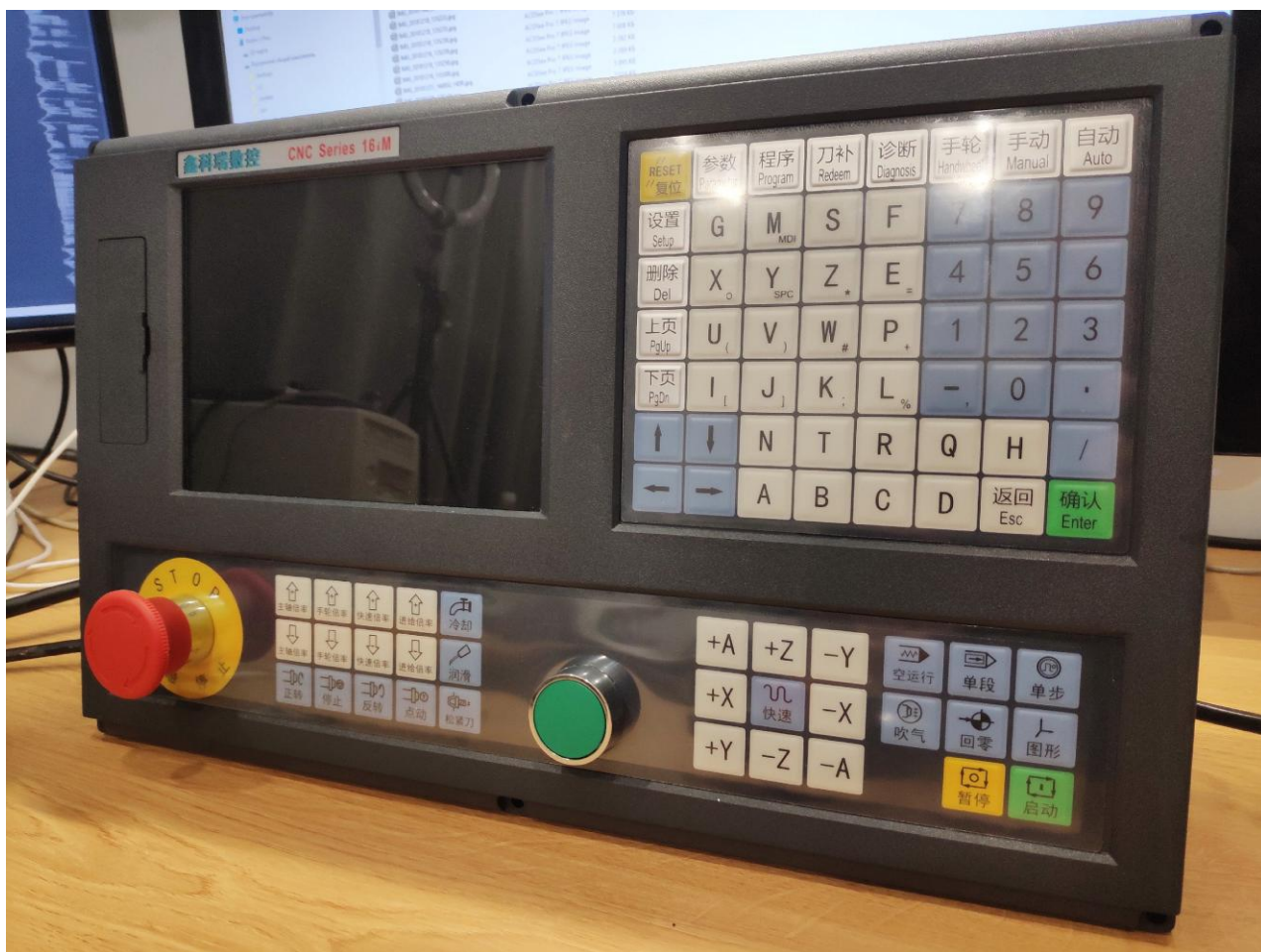


Рисунок 20 – Внешний вид ЧПУ-контроллера NEWKer CNC Series 16iM

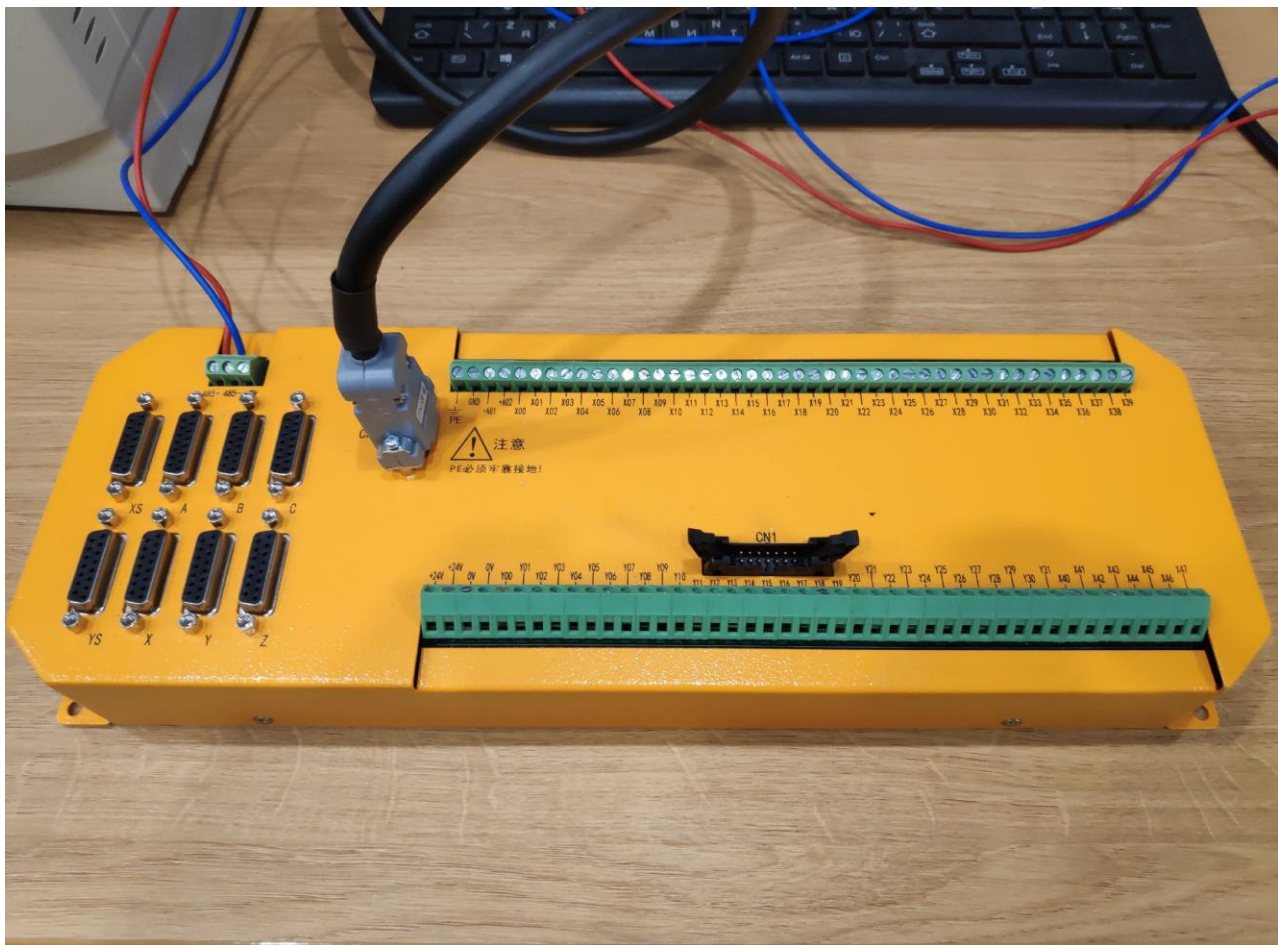


Рисунок 21 – Внешний вид интерфейсной платы ЧПУ-контроллера

Подключение ЧПУ-контроллера к персональному компьютеру осуществляется в соответствии с протоколом ModBus по шине RS-485. При этом используется максимальная пропускная способность последовательного порта – 115200 бит/сек.

Основной блок ЧПУ-контроллера подключается к релейной плате с помощью разъема «CN22». К основному блоку ЧПУ контроллера подключается пульт с маховичком с помощью разъема «CN11».

Выходы «485+» и «485-» релейной платы подключаются в разъемы «D+/A+» и «D-/A-» конвертера «485 to USB», соответственно. Конвертер «485 to USB» подключается напрямую в USB-порт персонального компьютера. На рисунке 22 представлена упрощенная схема подключения всех устройств.

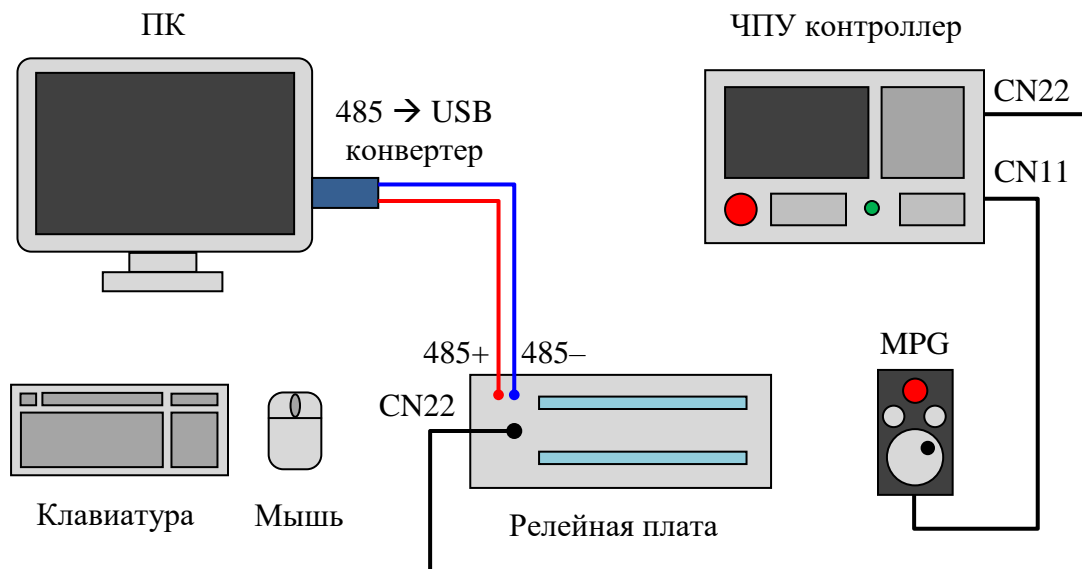


Рисунок 22 – Упрощенная схема программно-аппаратного учебного стенда

При подключении ЧПУ-контроллера к компьютеру на стороне программы-симулятора необходимо настроить параметры подключения. Во вложенном каталоге «media» программы-симулятора присутствует настроечный файл «com.ini», включающий следующие параметры:

- | | |
|-----------|--|
| 7 | номер используемого СОМ-порта |
| 115200 | пропускная способность бит/сек |
| n | чётность |
| 8 | биты данных |
| 1 | стоповые биты |
| 127.0.0.1 | IP-адрес для внутреннего обмена данными на стороне ПК по протоколу UDP |
| 7000 | номер порта для внутреннего обмена данными на стороне ПК по протоколу UDP |
| 10000 | время автоматического завершения процесса связи после завершения работы симулятора |

Номер СОМ порта всегда должен соответствовать фактическому номеру порта в системных настройках Windows. Пропускная способность порта, чётность, биты данных и стоповые биты должны быть одинаковыми как на стороне ПК, так и на стороне ЧПУ контроллера.

Чтобы включить режим аппаратного управления виртуальным станком в программе-симуляторе, необходимо кликнуть левой кнопкой мыши по кнопке с изображением СОМ-порта на верхней панели управления (рис. 23). Данная кнопка доступна только в специальной версии программы. Предварительно в симуляторе должен быть настроен режущий инструмент, параметры заготовки и способ закрепления заготовки на координатном столе. ЧПУ-контроллер должен быть запущен раньше программы-симулятора.



Кнопка включения/выключения режима аппаратного управления

Рисунок 23 – Расположение кнопки включения/выключения режима аппаратного управления симуляцией

После нажатия на кнопку включения аппаратного управления симулятор переходит в режим связи с ЧПУ-контроллером. В данном режиме доступ к главному меню, функция построения модели траекторий (режим отладки), а также другие функции симулятора заблокированы. На главном экране отображаются параметры связи с ЧПУ-контроллером, текущие координаты инструмента, а также активные технологические коды контроллера (рис. 24).

Обмен данными с ЧПУ-контроллером происходит путём непрерывной попеременной отправки запросов на считывание координатных данных и системных параметров контроллера.

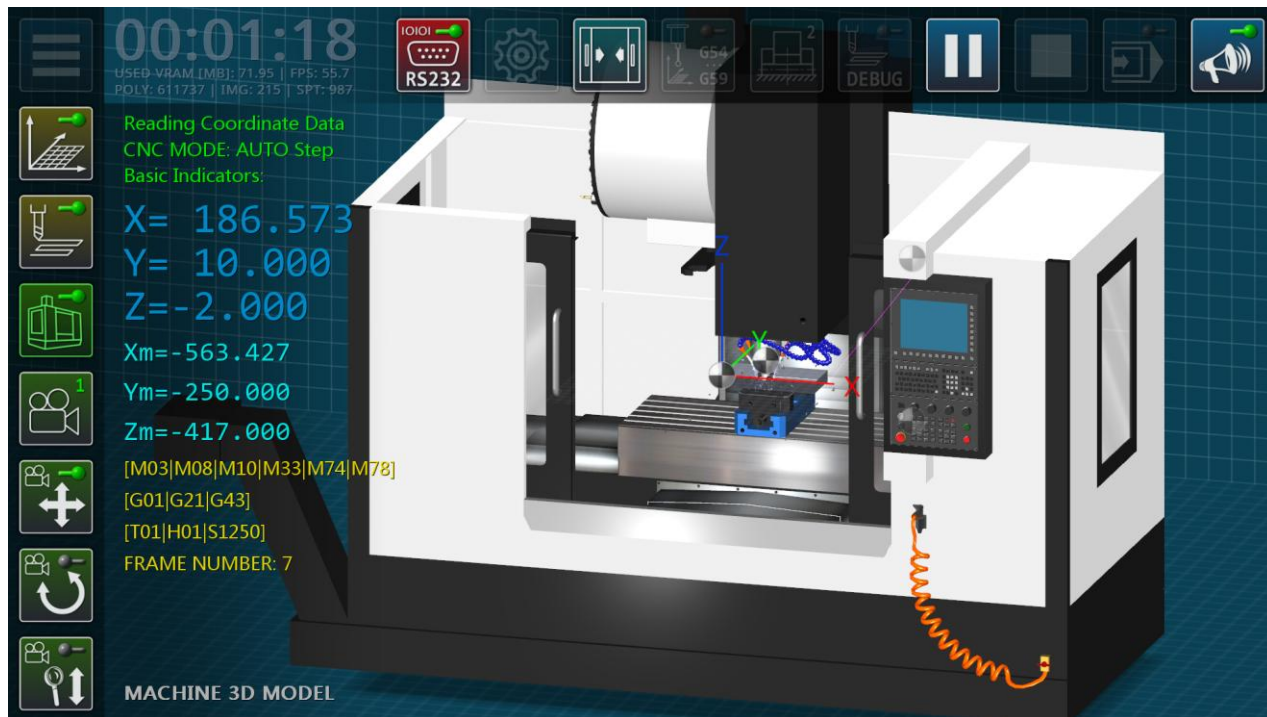


Рисунок 24 – Вид главного экрана программы-симулятора в режиме аппаратного управления

Поскольку скорость и объём передачи данных ограничены протоколом связи, используемым ЧПУ-контроллером, программа-симулятор соблюдает строгую очередь запросов. Для достижения максимальной синхронизации при считывании координатных данных, другие параметры контроллера не считываются в этот период.

В режиме аппаратного управления виртуальным станком выполнение управляющей программы на стороне ЧПУ-контроллера возможно только в автоматическом пошаговом режиме. При этом программа-симулятор принудительно включает пошаговый режим выполнения управляющей

программы на ЧПУ-контроллере и даёт команду на переход к следующему блоку управляющей программы по завершению выполнения текущего блока.

Если на ЧПУ-контроллере установлен режим ручного непрерывного/инкрементального управления или ручного управления с использованием MPG, кнопка «ПУСК»/«ПАУЗА» на верхней панели программы-симулятора недоступна. В этом режиме симулятор выполняет все команды ручного управления с пульта ЧПУ-контроллера – включение/выключение оборотов шпинделя, подача/отключение охлаждения, ручное позиционирование инструмента.

Если на ЧПУ контроллере установлен режим автоматического управления, кнопка «ПУСК»/«ПАУЗА» программы симулятора доступна для нажатия в момент считывания системной информации с ЧПУ-контроллера. При этом выполнение управляющей программы на ЧПУ-контроллере может быть приостановлено путём нажатия на программную кнопку «ПАУЗА» в симуляторе, и продолжено аналогичным нажатием на кнопку «ПУСК» (рис. 25).



Рисунок 25 – Изображение кнопки «ПУСК»/«ПАУЗА» в программе-симуляторе в режиме автоматического управления на ЧПУ контроллере

В режиме программной приостановки выполнения управляющей программы (на стороне симулятора) обмен данными между персональным компьютером и ЧПУ-контроллером временно приостанавливается. В данном режиме линейные участки траектории в симуляторе могут быть измерены с

помощью стандартной функции измерения (при наличии мыши у устройства). Выполнение управляющей программы на стороне ЧПУ-контроллера также может быть приостановлено и продолжено с помощью физических кнопок «ПАУЗА» и «ПУСК» лицевой панели.

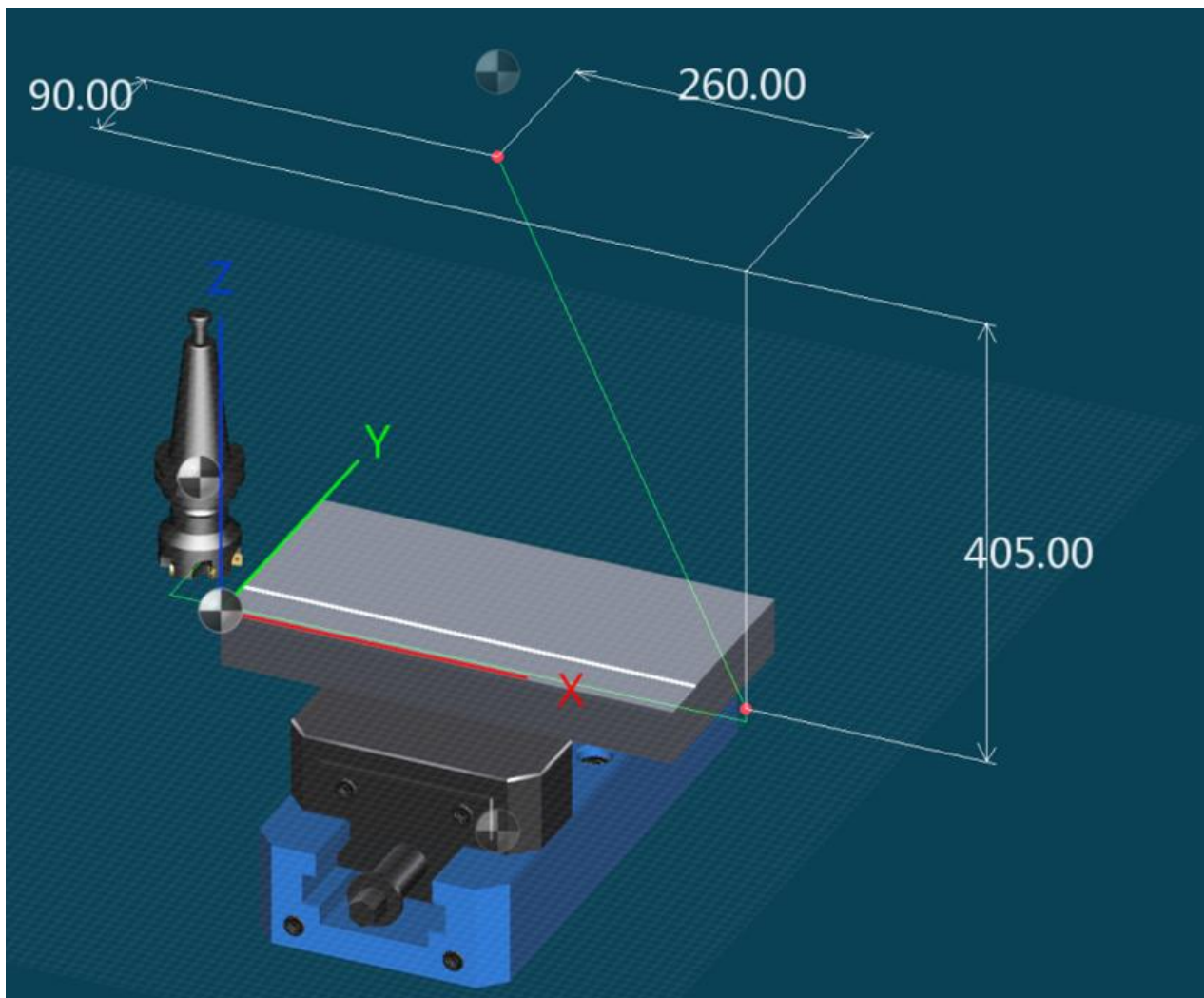


Рисунок 26 – Измерение геометрических характеристик участка траектории инструмента

В процессе выполнения управляющей программы симулятор производит построение траектории движения инструмента. Для измерения отдельных прямолинейных участков траектории выполнение управляющей программы необходимо приостановить с помощью программной кнопки

«ПУСК»/«ПАУЗА», а далее двумя последующими кликами левой кнопки мыши выделить начальную и конечную точки выбранного участка траектории. При этом на главном экране симулятора отобразятся линейные размеры участка траектории по трём координатным осям (рисунок 26).

Также измерения могут проводиться по двум произвольным точкам, относящимся к разным участкам траектории. Кроме того в процессе измерения возможно выделение характерных угловых точек заготовки.

В режиме аппаратного управления можно активировать режим размерной привязки заготовки и инструмента с помощью измерительных датчиков.

Прекращение сеанса коммуникации программы-симулятора и ЧПУ-контроллера осуществляется путём повторного клика по кнопке включения/выключения режима аппаратного.

8. Краткая справочная информация по программированию операций фрезерной обработки в симуляторе

Данный раздел дублирует встроенную справочную систему программы-симулятора. Далее описаны основные принципы программирования фрезерной обработки с применением стандартного (ISO) G-кода. Правила обработки и выполнения команд в симуляционной модели максимально приближены к реальным системам управления на базе Haas, Fanuc, Fagor и др. в спецификации ISO-кода, но могут отличаться от реальных систем.

Встроенный интерпретатор команд поддерживает следующие коды управления и буквенные адреса:

G00 – Ускоренное перемещение инструмента;

G01 – Линейная интерполяция на рабочей подаче;

G02 – Круговая интерполяция по часовой стрелке;

G03 – Круговая интерполяция против часовой стрелки;

G04 – Задержка выполнения программы;

G15 – Отмена режима полярных координат;

G16 – Включение режима полярных координат;

G17 – Выбор рабочей плоскости x-y;

G18 – Выбор рабочей плоскости z-x;

G19 – Выбор рабочей плоскости y-z;

G20 – Дюймовая система измерений;

G21 – Метрическая система измерений;

G28 – Возврат в референтную точку;

G29 – Возврат из референтной точки;

G40 – Отмена компенсации радиуса инструмента;

G41 – Компенсация радиуса инструмента слева;

G42 – Компенсация радиуса инструмента справа;

G43 – Компенсация длины инструмента в положительную сторону;

G44 – Компенсация длины инструмента в отрицательную сторону;

G49 – Отмена компенсации длины инструмента;

G50 – Сброс всех масштабирующих коэффициентов в 1.0;

G51 – Включение режима масштабирования координат;

G52 – Установка локальной системы координат;

G53 – Переход в систему координат станка;

G54 – Выбор рабочей системы координат №1;

G55 – Выбор рабочей системы координат №2;

G56 – Выбор рабочей системы координат №3;

G57 – Выбор рабочей системы координат №4;

G58 – Выбор рабочей системы координат №5;

G59 – Выбор рабочей системы координат №6;

G65 – Вызов макропрограммы;

G68 – Включение режима вращения координат;
G69 – Отмена режима вращения координат;
G73 – Постоянный цикл высокоскоростного сверления;
G74 – Постоянный цикл нарезания левой резьбы метчиком;
G76 – Постоянный цикл чистового растачивания;
G80 – Отмена постоянного цикла;
G81 – Постоянный цикл сверления;
G82 – Постоянный цикл сверления с задержкой;
G83 – Постоянный цикл прерывистого сверления;
G84 – Постоянный цикл нарезания правой резьбы метчиком;
G85 – Постоянный цикл растачивания;
G86 – Постоянный цикл растачивания;
G87 – Постоянный цикл обратного растачивания;
G88 – Постоянный цикл растачивания;
G89 – Постоянный цикл растачивания;
G90 – Режим абсолютного позиционирования;
G91 – Режим относительного позиционирования;
G92 – Преобразование системы координат заготовки;
G94 – Режим минутной подачи;
G95 – Режим обратной подачи;
G98 – Режим возврата в исходную точку в постоянных циклах;
G99 – Режим возврата в плоскость отвода в постоянных циклах;
M00 – Приостановка выполнения программы;
M01 – Приостановка выполнения программы;
M02 – Конец программы;
M03 – Включение вращения шпинделя по часовой стрелке;
M04 – Включение вращения шпинделя против часовой стрелки;

M05 – Остановка вращения шпинделя;

M06 – Смена инструмента;

M07 – Включение подачи СОЖ;

M08 – Включение подачи СОЖ;

M09 – Выключение подачи СОЖ;

M30 – Конец программы;

M97 – Вызов внутренней подпрограммы;

M98 – Вызов внешней подпрограммы;

M99 – Конец подпрограммы;

X – Координата по оси x;

Y – Координата по оси y;

Z – Координата по оси z;

F – Линейная скорость перемещения инструмента;

S – Частота вращения шпинделя;

T – Номер инструмента в команде смены инструмента;

D – Номер корректора на радиус инструмента;

H – Номер корректора на длину инструмента;

C – Величина фаски;

R – Радиус дуги, расстояние отвода инструмента в постоянных циклах, величина угла в режиме вращения координат или радиус закругления;

Q – Глубина прохода в цикле прерывистого сверления;

L – Число вызовов подпрограммы или число повторов постоянного цикла;

P – Идентификатор подпрограммы, время выдержки или масштабный коэффициент в режиме масштабирования;

I – Смещение центра дуги по оси x или масштабный коэффициент в режиме масштабирования;

J – Смещение центра дуги по оси y или масштабный коэффициент в режиме масштабирования;

K – Смещение центра дуги по оси z или масштабный коэффициент в режиме масштабирования.

8.1. Команды линейной интерполяции G00 и G01

Стандартный формат блоков команд G00 и G01:

G00 X_ Y_ Z_;

G01 X_ Y_ Z_ (F_);

Команда G00 предназначена для ускоренного перемещения инструмента по прямой линии. Код G00 является модальным, т.е. действует до тех пор, пока не будет вызвана другая команда из той же группы, например, G01, G02 или G03. Данная команда активна в исходном состоянии системы ЧПУ. Ускоренное позиционирование применяется для подвода инструмента к заготовке перед началом обработки, а также для отвода инструмента от заготовки после выполнения обработки.

Команда G01 предназначена для линейного перемещения инструмента со скоростью рабочей подачи, заданной с помощью адреса F в одном блоке с G01 или в предыдущих блоках управляющей программы. Код G01 является модальным. Перемещение с линейной интерполяцией используется для резания по прямой линии.

8.2. Команды круговой интерполяции G02 и G03

Стандартный формат блока команд G02 и G03:

G02 (G03) X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ (R_) (F_);

Круговая интерполяция применяется для вытачивания криволинейных поверхностей, форма которых описывается дугой окружности определённого радиуса. Применяются два метода программирования дуги.

Первый метод заключается в задании координат центра дуги с помощью адресов I, J, K и конечной точки X, Y, Z, при этом радиус дуги вычисляется автоматически. Второй метод предполагает указание радиуса дуги R и координат конечной точки X, Y, Z, при этом координаты центра дуги вычисляются автоматически.

Круговая интерполяция по часовой стрелке задаётся с помощью команды G02, а круговая интерполяция против часовой стрелки – с помощью команды G03, соответственно. При указании центра дуги адресами I, J, K задаются смещения относительно начальной точки дуги по осям x, y, z, соответственно (рис. 27.а). Если дуга задаётся радиусом R, система управления учитывает знак радиуса для вычисления координат центра дуги (рис. 27.б).

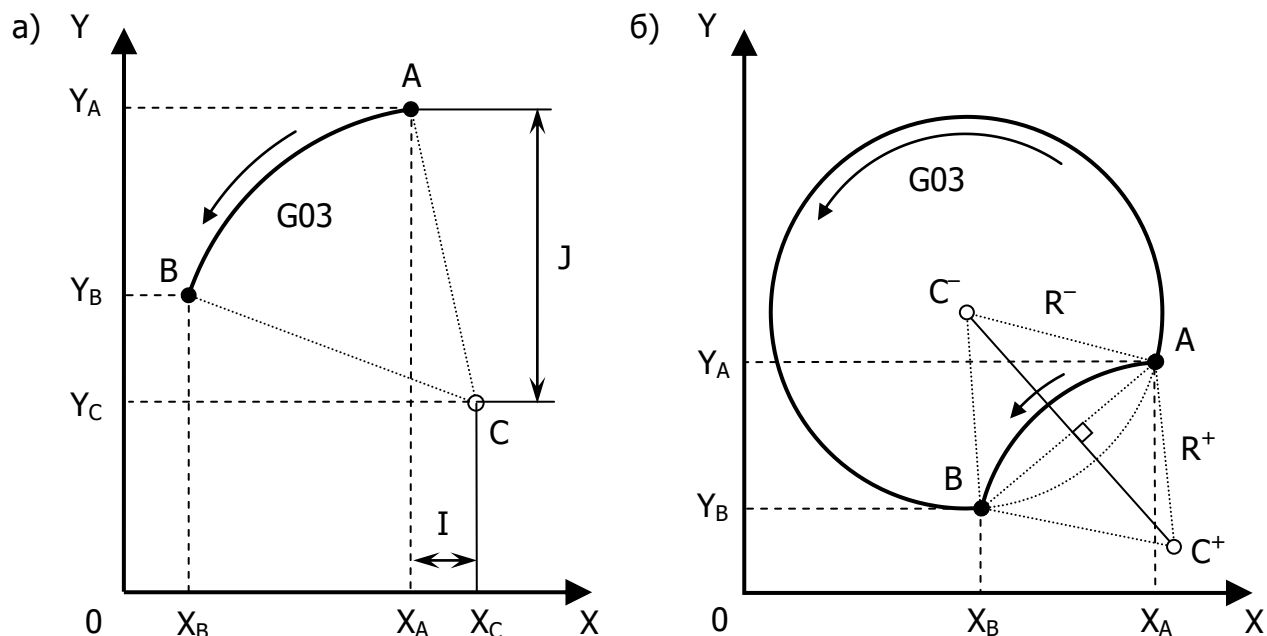


Рисунок 27 – Принцип программирования дуг

Дуги можно программировать в трёх возможных рабочих плоскостях: x-y, x-z и y-z, устанавливаемых кодами G17, G18 и G19, соответственно. Для задания центра дуги в плоскости x-y используются адреса I и J, в плоскости x-z – I и K, в плоскости y-z – J и K. Если в блоке с командой G02 (G03) задана

координата конечной точки, не относящая к текущей рабочей плоскости, система управления осуществляет винтовую интерполяцию вдоль оси, перпендикулярной рабочей плоскости.

При задании дуги система управления проверяет расстояния от центра дуги до начальной и конечной точек. Если расстояния имеют расхождение, превышающее допустимое значение, система управления выдаст сообщение об ошибке.

8.3. Программирование фасок и закруглений

Между блоками линейных и круговых перемещений могут быть добавлены фаски и закругления. Для задания фаски используется дополнительный адрес C, отделяемый от основных адресов блока запятой:

G01 (G02/G03) X_ Y_ Z_ (I_ J_ K_ (R_)), C_;

После адреса C следует числовое значение, задающее фаску. Фаска может быть построена в местах сопряжений: «отрезок–отрезок», «отрезок–дуга», «дуга–отрезок» и «дуга–дуга».

Для задания закругления используется дополнительный адрес R, отделяемый от основных адресов блока запятой:

G01 (G02/G03) X_ Y_ Z_ (I_ J_ K_ (R_)), R_;

После адреса R следует числовое значение, задающее радиус закругления. Закругление может быть построено в местах сопряжений: «отрезок–отрезок», «отрезок–дуга», «дуга–отрезок» и «дуга–дуга».

Обязательные условия для программирования фасок и закруглений:

- фаска/закругление программируется только в блоке, задающем перемещение на рабочей подаче;
- следом идущий блок также должен задавать перемещение на рабочей подаче;

– не допускаются пустые блоки или блоки-комментарии, идущие следом за блоком, задающим фаску/закругление;

– следом идущий блок не должен включать в себя G-коды, не относящиеся к линейной/круговой интерполяции (допускается наличие кодов G01, G02, G03, G90, G91, G20, G21, G04 и M-кодов, кроме M06);

– если конечная точка фаски/закругления выходит за пределы траектории, выдаётся сообщение об ошибке.

Фаски и округления могут программироваться в режиме масштабирования (G51), вращения координат (G68) и коррекции на радиус инструмента (G41/G42). Фаски и округления могут программироваться только в декартовой системе координат (G15) в любой из трёх рабочих плоскостей (G17/G18/G19).

8.4. Команда задержки выполнения программы G04

Стандартный формат блока команды G04:

G04 P_ [X_] [U_];

Команда G04 предназначена для выполнения задержки на время, заданное с помощью адреса P. Также система управления допускает использование адресов X и U для указания времени задержки. Если время задано с десятичной точкой, система управления определяет заданное значение как секунды, например, P2.5 – задержка выполнения управляющей программы на 2.5 секунды. Если время задано без десятичной точки, система управления определяет заданное значение как миллисекунды, например, P4000 – задержка выполнения управляющей программы на 4000 миллисекунд или 4 секунды. Команда G04 может программироваться в одном блоке с другими командами, при этом задержка будет выполнена по завершению выполнения блока.

8.5. Команды выбора рабочей плоскости G17, G18, G19

Стандартный формат блока команд G17, G18 и G19:

G17 (G18) (G19) _;

Команды G17, G18 и G19 предназначены для выбора текущей рабочей плоскости – x-y, x-z и y-z, соответственно. В данной симуляции смена рабочей плоскости влияет только на параметры построения дуг окружностей по кодам G02 и G03. Команды коррекции G41, G42, G43, G44, а также стандартные циклы G73-G84 выполняются только в рабочей плоскости x-y.

8.6. Команды управления режимом полярных координат G15, G16

Стандартный формат блоков команд G15 и G16:

G17 (G18) (G19) G90 (G91) G16;

...

G15 _;

Модальная команда G16 включает режим полярных координат, действие которого отменяется командой G15. В режиме полярных координат любые перемещения программируются с помощью радиус-вектора, имеющего заданную длину и угол поворота в выбранной рабочей плоскости. Положительное направление угла – это направление против часовой стрелки положительного направления 1-й оси выбранной плоскости, а отрицательное направление – это направление по часовой стрелке. Радиус и угол могут быть заданы с помощью команды абсолютного значения (G90) или команды инкрементного значения (G91).

Когда радиус (расстояние между нулевой точкой полярной системы координат и заданным положением) задаётся методом абсолютного значения (G90), нулевая точка системы координат заготовки устанавливается в качестве начала полярной системы координат.

Когда радиус (расстояние между текущим положением и заданным положением) задаётся методом инкрементного значения (G91), текущее положение инструмента устанавливается как начало полярной системы координат.

Числовые значения радиуса и угла программируются адресами X, Y и Z в зависимости от текущей рабочей плоскости:

G17 (плоскость XY): ось X задает радиус, а ось Y задает угол;

G18 (плоскость ZX): ось Z задает радиус, а ось X задает угол;

G19 (плоскость YZ): ось Y задает радиус, а ось Z задает угол.

8.7. Команды выбора системы мер G20, G21

Стандартный формат блока команд G20 и G21:

G20 (G21) _;

Команда G20 устанавливает режим программирования в дюймах. Команда G21 устанавливает режим программирования в миллиметрах. Коды G20 и G21 являются модальными. Режим программирования по умолчанию (G20 или G21) определяется настройками приложения.

8.8. Команда возврата в референтную точку G28

Стандартный формат блока команды G28:

G28 X_ Y_ Z_;

Команда G28 предназначена для ускоренного перемещения исполнительных органов в нулевую точку станка с возможностью задания промежуточной точки. Примечание: в данной симуляции нулевая точка станка соответствует референтной точке, а также положению смены инструмента (по оси Z).

Количество координат, заданных в одном блоке с кодом G28, определяет количество осей, по которым осуществляется возврат в нулевую точку. Если команда G28 задана без указания координат X, Y, Z, система управления

осуществляет возврат координатного стола и шпинделя в нулевые положения одновременно по всем осям без перехода в промежуточную точку.

Координаты X, Y, Z, заданные в одном блоке с кодом G28, определяют положение промежуточной точки (в активной рабочей системе координат), через которую система управления осуществляет возврат исполнительных органов станка в нулевые положения.

Ниже представлены примеры использования команды G28.

G91 G28 Z100 X0;

В данном блоке программы осуществляется подъём шпинделя на 100 единиц по оси z относительно (G91) исходной точки и последующий одновременный вывод в машинный ноль шпинделя (по оси z) и координатного стола (по оси x).

(G91)

N1 G28 Z0;

N2 G28 X0 Y0;

Данный пример иллюстрирует использование команды G28 последовательно в двух блоках. В блоке N1 осуществляется возврат шпинделя в нулевое положение (по оси z). В блоке N2 осуществляется возврат координатного стола в нулевое положение (одновременно по осям x и y). Промежуточные точки в данном примере соответствуют исходным точкам перемещений, поскольку в режиме относительного позиционирования (G91) заданы нулевые приращения по оси z (в блоке N1) и осям x, y (в блоке N2).

G90 G28 X150 Y0 Z200;

В данном блоке программы осуществляется ускоренное линейное перемещение инструмента в точку [x=150; y=0; z=200] активной рабочей системы координат, заданную абсолютными координатами (G90) и

последующий одновременный вывод в машинный ноль шпинделя (по оси z) и координатного стола (по осям x и y).

Рекомендуется использовать команду G28 в режиме относительного позиционирования (G91) во избежание столкновения инструмента с деталью.

В случае если команда G28 вызывается в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента (G41/G42), вектор коррекции временно обнуляется. После выполнения команды G28 автоматическая коррекция на радиус инструмента возобновляется.

В случае если команда G28 вызывается в режиме автоматической коррекции на длину инструмента (G43/G44), вектор коррекции временно обнуляется на участке возврата в референтную точку. Если в одном блоке с командой G28 задана команда отмены коррекции на длину инструмента (G49), обнуление вектора коррекции осуществляется на участке возврата в промежуточную точку. После выполнения команды G28 автоматическая коррекция на длину инструмента возобновляется, если не программировался код отмены коррекции G49.

Недопустимо использование команды G28 в режимах масштабирования (G51) и вращения (G68) координат, а также в одном блоке с командой G53.

8.9. Команда возврата из референтной точки G29

Стандартный формат блока команды G29:

G29 X_ Y_ Z_;

Команда G29 предназначена для ускоренного перемещения инструмента в запрограммированную позицию через промежуточную точку, определённую ранее при использовании кода G28.

Количество координат, заданных в одном блоке с кодом G29, определяет количество осей, по которым осуществляется перемещение. Если команда G29 задана без указания координат X, Y, Z, конечной точкой перемещения

является промежуточная точка, определённая ранее при использовании кода G28.

В случае если команда G29 вызывается в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента (G41/G42), вектор коррекции временно обнуляется. После выполнения команды G29 автоматическая коррекция на радиус инструмента возобновляется.

В случае если команда G29 вызывается в режиме автоматической коррекции на длину инструмента (G43/G44), вектор коррекции восстанавливается в конечной точке перемещения.

Недопустимо использование команды G29 в режимах масштабирования (G51) и вращения (G68) координат, а также в одном блоке с командой G53.

8.10. Команды управления режимом коррекции на радиус инструмента G40, G41, G42

Стандартный формат блоков команд G40, G41 и G42:

G41 (G42) _;

...

G40 _;

Система управления имеет встроенный алгоритм расчёта эквидистанты при обработке контуров в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента. Алгоритм расчёта эквидистанты основан на общих принципах вычислений системы управления Fanuc. В зависимости от версии программы-симулятора принцип построения эквидистанты при обходе острых углов может различаться. Далее будет описан принцип расчёта эквидистанты системы Fanuc (TYPE A).

Режим автоматической коррекции на радиус инструмента включается с помощью модальных кодов G41 и G42. Если по ходу движения необходимо сместить инструмент влево от программируемой траектории на величину его

радиуса, применяется команда G41 (рис. 28.а). Для смещения инструмента вправо от траектории используется команда G42 (рис. 28.б). Система управления автоматически вычисляет путь, по которому должен следовать инструмент, базирующийся на запрограммированном контуре детали и значении радиуса инструмента, находящемся в таблице корректоров инструмента.

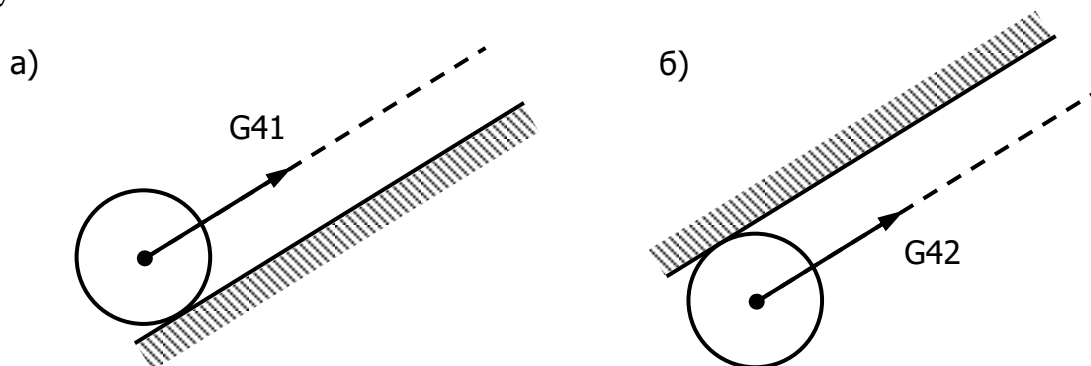


Рисунок 28 – Принцип перемещения инструмента в режиме автоматической коррекции на радиус

Автоматическая коррекция на радиус технически может выполняться в любой рабочей плоскости, однако смена рабочей плоскости кодами G17-G19 в режиме автоматической коррекции запрещена. Для данной конфигурации станка автоматическую коррекцию на радиус инструмента целесообразно выполнять только в рабочей плоскости x-y (G17).

Команды G41 и G42 отменяются модальным кодом G40. Также вектор коррекции на радиус инструмента временно обнуляется при выполнении команд G28, G29, G53, M06, G73-G84.

Перед выполнением команды G41 (G42) (или в одном блоке с данной командой) необходимо задать номер корректора инструмента с помощью адреса D, который должен соответствовать номеру используемого инструмента, заданному адресом T. При запуске симуляции номер корректора инструмента не задан (D0), следовательно, система управления производит

расчёт вектора коррекции с нулевым значением радиуса инструмента, а линия эквидистанты совпадает с линией запрограммированной траектории.

Включение режима коррекции на радиус инструмента (G41 или G42) возможно, только если активны команды G00 или G01 (прямолинейное движение). Если режим коррекции включается на участке круговой интерполяции (G02 или G03), система управления выдаст сообщение об ошибке. Таким образом, если команда G41 (G42) программируется в одном блоке с прямолинейным перемещением, вход на эквидистанту осуществляется плавно по прямой линии, начало которой расположено на запрограммированной траектории, а конец – на эквидистанте следующего перемещения (рис. 29 а и б).

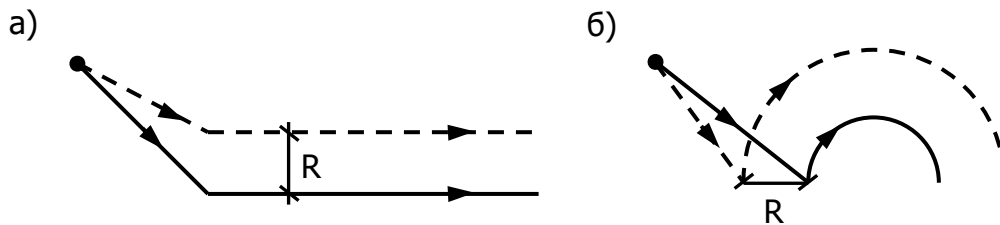


Рисунок 29 – Включение режима автоматической коррекции на радиус инструмента в одном блоке с линейным перемещением

Если команда G41 (G42) программируется отдельным блоком, вход на эквидистанту осуществляется под прямым углом к траектории (рис.30 а и б).

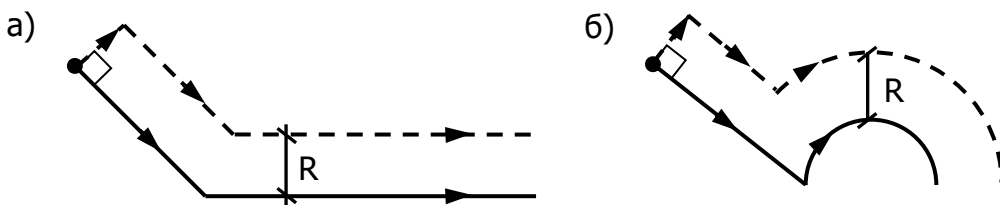


Рисунок 30 – Включение режима автоматической коррекции на радиус инструмента программированием отдельным блоком

В процессе расчёта эквидистанты система управления проверяет следующие блоки управляющей программы, содержащие перемещения, с целью определения точек пересечения текущего участка со следующим участком рассчитываемого пути в рабочей плоскости. Система управления допускает совершение вертикальных перемещений (вдоль оси z) в режиме коррекции на радиус инструмента. Обход углов с внешней стороны осуществляется путем построения дополнительного кругового перемещения (рис. 31 а и б).

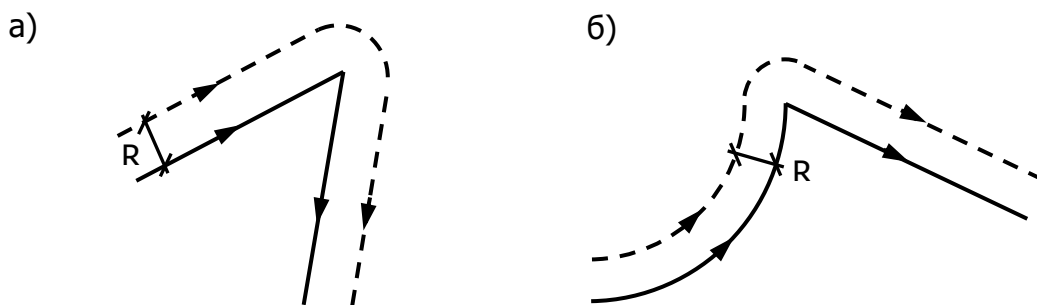


Рисунок 31 – Принцип обхода острого угла в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента

При обходе дуги с внутренней стороны в случае, если радиус запрограммированной дуги меньше радиуса инструмента, система управления выдаст сообщение об ошибке.

Команда отмены режима автоматической коррекции на радиус инструмента G40 аналогичным образом может программироваться в блоке с линейным перемещением (G00 или G01), либо отдельным блоком. Если режим коррекции отключается на участке круговой интерполяции (G02 или G03), система управления выдаст сообщение об ошибке. Таким образом, если команда G40 программируется в одном блоке с прямолинейным перемещением, выход с эквидистанты осуществляется плавно по прямой

линии, начало которой расположено на эквидистанте предыдущего перемещения, а конец – на траектории текущего перемещения (рис. 32 а и б).

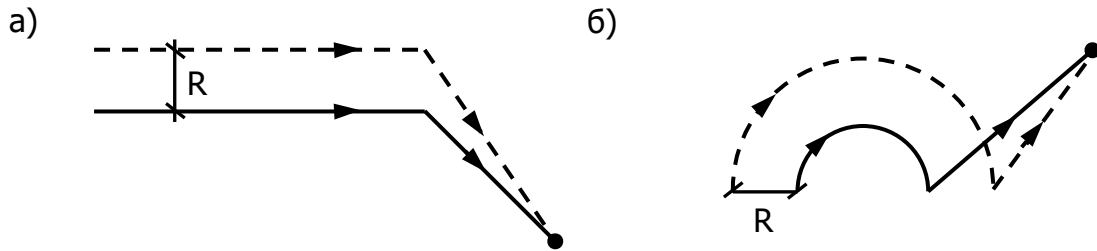


Рисунок 32 – Выключение режима автоматической коррекции на радиус инструмента в одном блоке с линейным перемещением

Если команда G40 программируется отдельным блоком, выход с эквидистанты осуществляется под прямым углом к траектории (рис. 33 а и б).

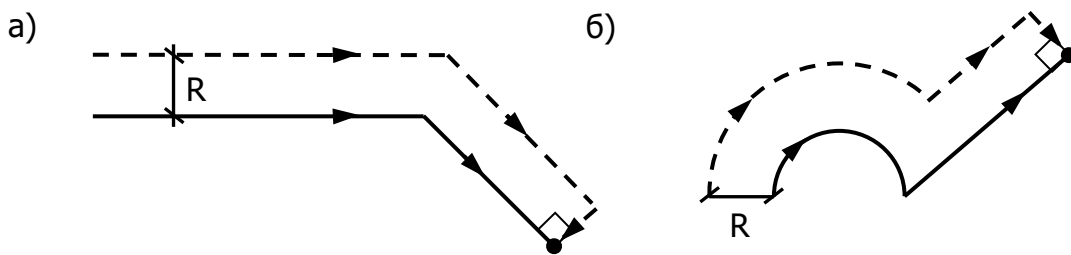


Рисунок 33 – Выключение режима автоматической коррекции на радиус инструмента программированием отдельным блоком

В режиме автоматической коррекции на радиус инструмента направление вектора коррекции может быть изменено вызовом противоположенной команды.

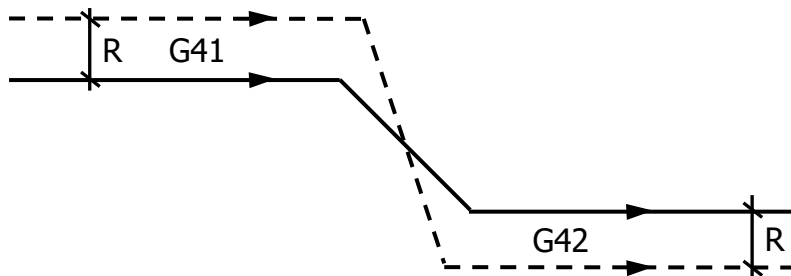


Рисунок 34 – Смена направления вектора коррекции на линейном участке траектории

Например, если после включения режима коррекции слева G41 (в последующих блоках программы) задать команду G42, конечная точка эквидистанты данного участка пути будет рассчитана с противоположенной стороны траектории (рис. 34). Изменение направления вектора коррекции возможно только на прямолинейных участках траектории.

Ниже представлен пример использования команд G42 и G40.

```
(G54 G90)
N01 G00 X50 Y50 Z-10;
N02 G91 G42 G01 X100 Y100;
N03 X100;
N04 G03 X50 Y50 R50;
N05 G01 Y100;
N06 X-150;
N07 G02 X-50 Y-50 R50;
N08 G01 Y-100;
N09 X50;
N10 G40 X-100 Y-100;
```

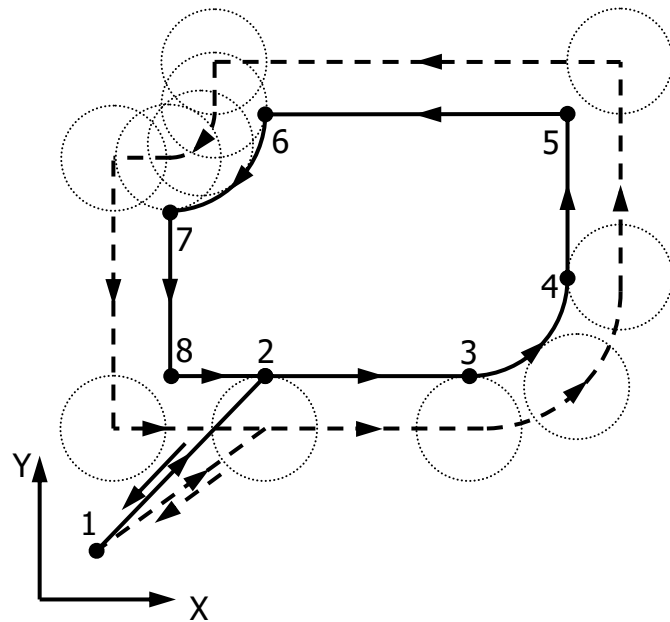


Рисунок 35 – Пример обработки замкнутого контура в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента

Результат выполнения программы показан на рисунке 35. При выполнении перемещений в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента на дисплее отображаются фактические координаты инструмента, перемещающегося по эквидистанте. Линия эквидистанты также отображается совместно с линией основной траектории.

8.11. Команды управления режимом коррекции на длину инструмента G43, G44, G49

Стандартный формат блоков команд G43, G44 и G49:

G43 (G44) Z_ H_;

...

G49 _;

В процессе выполнения управляющей программы система управления позиционирует базовую точку инструмента по запрограммированной траектории. При этом вершина инструмента расположена ниже его базовой точки на величину полного вылета, складываемого из высоты видимой части инструмента и высоты патрона. Для того чтобы вдоль запрограммированной траектории перемещалась вершина инструмента, а не базовая точка, используются команды включения режима коррекции на длину инструмента G43 и G44. В данной симуляции коррекция на длину инструмента осуществляется только вдоль оси z.

Направление коррекции выбирается с помощью команд G43 или G44. Выбор значения коррекции (длины инструмента) из памяти осуществляется вводом кода H в одном блоке с командой G43 (G44). Если номер корректора не задан в одном блоке с командой включения коррекции, система управления использует предыдущее значение корректора. При запуске симуляции номер корректора инструмента не задан (H0), следовательно, система управления производит расчёт вектора коррекции с нулевым значением длины инструмента.

Команды G43 и G44 только указывают на то, что должна быть применена продольная коррекция. Система управления начинает применение коррекции, когда программируется перемещение вдоль оси z. Если коррекция изменяется на участке круговой интерполяции (при условии, что задано перемещение вдоль оси z), система управления выдаст сообщение об ошибке. Если после включения режима коррекции на длину осуществляется

перемещение только по осям x и y, корректирующее движение по оси z не осуществляется в данном перемещении.

Когда задана команда G43, значение коррекции длины инструмента (сохранённого в памяти коррекций), заданное H-кодом, добавляется к координате z конечной точки перемещения. Когда задана команда G44, то же самое значение отнимается от координаты z конечной точки перемещения. Итоговые координаты указывают конечную позицию инструмента после компенсации безотносительно тому, установлен абсолютный (G90) или относительный (G91) режим позиционирования.

Ниже представлен пример использования команды G43.

(T02)

N1 S1000 M03;

N2 G43 H02 Z0.1;

N3 M08;

В блоке N1 запускается вращение шпинделя по часовой стрелке с частотой 1000 оборотов в минуту. В блоке N2 включается автоматическая коррекция на длину инструмента с корректором H02, соответствующим текущему используемому инструменту T02. В этом же блоке инструмент ускоренно перемещается по оси z на отметку 0.1. В блоке N3 включается подача СОЖ.

Для отмены режима автоматической коррекции на длину следует запрограммировать команду G49 или выбрать нулевой корректор H0. В случае изменения величины коррекции путём изменения номера корректора в адресе H старая величина коррекции заменяется новой.

Вектор коррекции на длину временно обнуляется при использовании команд G28 и G53. Режим коррекции на длину отменяется при вызове команды на смену инструмента M06 без автоматического возобновления.

8.12. Команды управления режимом масштабирования G50, G51

Стандартный формат блоков команд G50 и G51:

G51 X_ Y_ Z_ P_ (I_ J_ K_);

...

G50 _;

Модальная команда G51 включает режим масштабирования координат, действие которого отменяется командой G50. Для определения параметров масштабирования система управления использует центр масштабирования, который можно задавать в одном блоке совместно с командой G51 с помощью адресов X, Y, Z. Если центр масштабирования не задан в блоке команды G51, система управления использует последнее положение инструмента в активной рабочей системе координат в качестве центра масштабирования. Помимо координат центра масштабирования в блоке команды G51 задаются коэффициенты масштабирования. Система управления допускает использование одного коэффициента масштабирования для трёх осей (P) либо использование независимых коэффициентов для каждой оси (I, J, K).

С помощью команды G51 система управления умножает на коэффициент масштабирования все конечные точки X, Y, Z для ускоренных перемещений, линейных и круговых подач. G51 также масштабирует параметры I, J, K и R для G02 и G03. Система управления смещает все эти координаты относительно центра масштабирования.

В случае если в блоке команды G51 задан общий параметр масштабирования P с целым числовым значением, система управления принимает в расчёт коэффициент масштабирования, делённый на 1000 (например, параметр P2000 соответствует коэффициенту масштабирования 2.0, т.е. все перемещения по осям x, y, z будут увеличены в 2 раза). Если параметр масштабирования P задан с дробным числовым значением (с

применением десятичной точки), система управления принимает в расчёт коэффициент масштабирования без изменений (например, параметр P1.5 соответствует коэффициенту масштабирования 1.5, т.е. все перемещения по осям x , y , z будут увеличены в 1.5 раза). Аналогичным образом обрабатываются значения независимых параметров масштабирования I, J, K для осей x , y , z , соответственно.

Ниже представлены примеры использования команды G51.

(G54 G90)

N1 G00 X50 Y50 Z20;

N2 G01 Z-5;

N3 M97 P100;

N4 G00 Z20;

N5 X35 Y35;

N6 G01 Z-5;

N7 G51 X65 Y65 P2.0;

N8 M97 P100;

N9 G50;

N10 M30;

N100 G01 X80;

N101 G01 Y80;

N102 G03 X50 I-15;

N103 G01 Y50;

N104 M99;

В блоке N1 осуществляется ускоренное перемещение инструмента в точку №1 [$x=50$; $y=50$; $z=20$] активной рабочей системы координат (G54). В блоке N2 инструмент на линейной подаче опускается в точку №2 [$x=50$; $y=50$; $z=-5$]. В блоке N3 вызывается внутренняя подпрограмма для обработки

контура из четырёх перемещений. Внутренняя подпрограмма начинается с блока N100. В блоке N100 инструмент линейно перемещается в точку №3 $[x=80; y=50; z=-5]$. В блоке N101 инструмент линейно перемещается в точку №4 $[x=80; y=80; z=-5]$. В блоке N102 осуществляется круговое движение против часовой стрелки в точку №5 $[x=50; y=80; z=-5]$. В блоке N103 инструмент линейно перемещается в точку №2 $[x=50; y=50; z=-5]$, с которой начиналась обработка контура. В блоке N104 внутренняя подпрограмма завершается (M99), и управление возвращается блоку N4, в котором инструмент ускоренно поднимается в точку №1 $[x=50; y=50; z=20]$. В блоке N5 инструмент ускоренно перемещается в точку №6 $[x=35; y=35; z=20]$, а затем в блоке N6 на линейной подаче опускается в точку №7 $[x=35; y=35; z=-5]$. Таким образом, инструмент оказывается в начальной точке обработки контура. В блоке N7 включается режим масштабирования (G51) с указанием центра масштабирования в точке С $[x=65; y=65; z=-5]$ и коэффициента масштабирования 2.0 для всех осей. Все последующие перемещения пересчитываются системой управления автоматически относительно центра масштабирования. В блоке N8 снова вызывается внутренняя подпрограмма обработки контура. Инструмент последовательно перемещается в точки №8, №9, №10 и №7.

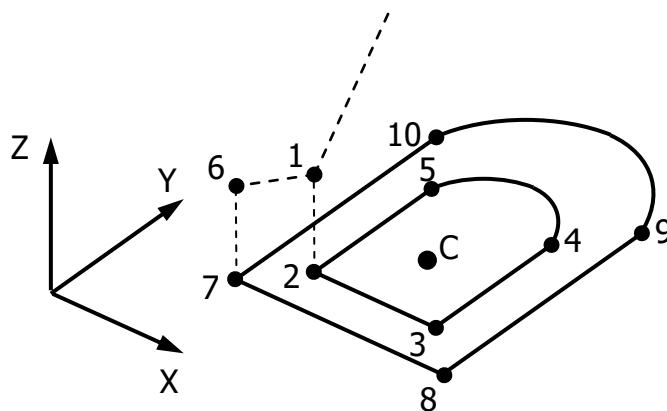


Рисунок 36 – Пример масштабирования замкнутого контура с одним коэффициентом по координатным осям

По завершению подпрограммы в блоке N9 режим масштабирования отключается командой G50. Блок N10 завершает выполнение основной программы соответствующей командой M30. Последовательность перемещений из приведённого примера изображена на рисунке 36.

(G54 G90)

N1 G00 X50 Y50 Z10;

N2 G01 Z-5;

N3 M97 P101;

N4 G51 I500 J-1000;

N5 M97 P101;

N6 G50;

N7 M30;

N101 G41 G01 Y150;

N102 X100;

N103 G02 X200 Y50 R100;

N104 G40 G01 X50;

N105 M99;

В блоке N1 осуществляется ускоренное перемещение инструмента в точку №1 [x=50; y=50; z=10] активной рабочей системы координат (G54). В блоке N2 инструмент на линейной подаче опускается в точку №2 [x=50; y=50; z=-5]. В блоке N3 вызывается внутренняя подпрограмма для обработки контура из четырёх перемещений. Внутренняя подпрограмма начинается с блока N101. В блоке N101 инструмент линейно перемещается в точку №3 [x=50; y=150; z=-5], при этом включается автоматическая коррекция на радиус инструмента слева (G41). В блоке N102 инструмент линейно перемещается в точку №4 [x=100; y=150; z=-5] в режиме автоматической коррекции. В блоке

N103 осуществляется круговое движение по часовой стрелке в точку №5 $[x=200; y=50; z=-5]$. В блоке N104 инструмент линейно перемещается в точку №2 $[x=50; y=50; z=-5]$, с которой начиналась обработка контура, на данном участке автоматическая коррекция на радиус инструмента отключается. В блоке N105 внутренняя подпрограмма завершается (M99), и управление возвращается блоку N4, в котором включается режим масштабирования (G51). В блоке N4 не указаны координаты центра масштабирования, следовательно, система управления принимает за центр масштабирования текущее положение инструмента (точку №2). В этом же блоке указаны коэффициенты масштабирования I и J для осей x и y, соответственно, причём коэффициент масштабирования для оси y имеет отрицательный знак, следовательно, контур, полученный в результате масштабирования, будет зеркально отражён относительно центра масштабирования по оси y.

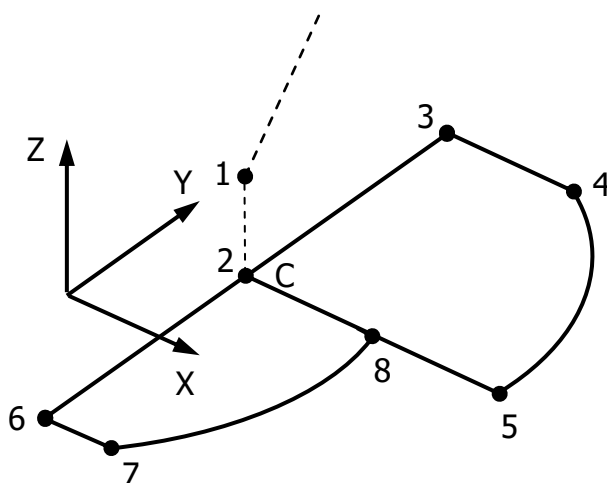


Рисунок 37 – Пример масштабирования замкнутого контура с разными коэффициентами по координатным осям

Параметры I и J заданы целыми числовыми значениями, следовательно, система управления принимает в расчёт тысячные доли данных значений (фактические коэффициенты масштабирования для осей x и y составляют 0.5 и -1.0, соответственно). В блоке N5 осуществляется повторный вызов

внутренней подпрограммы обработки контура. Инструмент последовательно перемещается в точки №6, №7, №8 и №2. По завершению подпрограммы в блоке N6 режим масштабирования отключается командой G50. Блок N7 завершает выполнение основной программы соответствующей командой M30. Последовательность перемещений из приведённого примера изображена на рисунке 37.

Следует отметить, что в приведённом примере в результате зеркального отражения контура по оси y относительно центра масштабирования направление запрограммированной дуги автоматически меняется на противоположенное (дуга из точки №7 в точку №8 описывается против часовой стрелки), а также меняется направление вектора коррекции на радиус инструмента. В случае зеркального отражения по двум осям одновременно данные изменения системой управления не осуществляются.

Команда G51 и сопровождающие её параметры всегда программируются в отдельном блоке. Недопустимо включение масштабирования в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента (G41/G42), при этом автоматическая коррекция на радиус инструмента может выполняться в режиме масштабирования. Сам вектор коррекции не масштабируется.

Модальная команда G50 отменяет режим масштабирования координат, если он был активирован ранее командой G51. Команду G50 можно задавать в отдельном блоке программы либо в блоке совместно с другими командами.

8.13. Команда установки локальной системы координат G52

Стандартный формат блока команды G52:

G52 X_ Y_ Z_;

Команда G52 создаёт локальную систему координат внутри активной рабочей системы координат путём смещения нуля активной рабочей системы координат на заданные с помощью адресов X, Y, Z значения. Заданное

смещение отменяется повторным вызовом команды G52 с нулевыми значениями X, Y, Z. Таким образом, локальная система координат совмещается с рабочей системой координат. Также локальная система координат отменяется повторным вызовом команды выбора рабочей системы координат (G54-G59).

При установке локальной системы координат последовательно запрограммированные команды перемещения в режиме абсолютного позиционирования (G90) являются значениями координат в локальной системе координат. Для каждой рабочей системы координат (G54-G59) создаётся собственная локальная система координат.

Ниже представлен пример использования команды G52.

(G54)

N1 G00 X50 Y50 Z50;

N2 G52 X100 Y100;

N3 G01 X0 Y0;

N4 G02 X100 R50;

N5 G52 X0 Y0;

В блоке N1 осуществляется ускоренное перемещение инструмента в точку $[x=50; y=50; z=50]$ активной рабочей системы координат (G54). В блоке N2 устанавливается локальная система координат: начало рабочей системы координат смещается на 100 единиц в положительном направлении оси x и на 100 единиц в положительном направлении оси y, при этом положение инструмента в рабочей системе координат определяется точкой $[x=-50; y=-50; z=50]$. В блоке N3 инструмент линейно перемещается в точку $[x=0; y=0; z=50]$ локальной системы координат. В блоке N4 осуществляется круговое движение по часовой стрелке в точку $[x=100; y=0; z=50]$ локальной системы координат.

В блоке N5 локальная система координат совмещается с рабочей системой координат (G54) по осям x и y.

После вызова команды G52 при выполнении перемещений на дисплее отображаются координаты инструмента в локальной системе координат.

Команда G52 и сопровождающие её параметры всегда программируются в отдельном блоке. Недопустимо использование команды G52 в режимах масштабирования (G51) и вращения (G68) координат.

8.14. Команда перехода в систему координат станка G53

Стандартный формат блока команды G53:

G53 _;

При выполнении команды G53 система управления временно отменяет смещения рабочих координат и использует систему координат станка. Команда G53 является немодальной, т.е. действует только в том блоке, в котором задана. Совместно с кодом G53 можно программировать линейные либо круговые перемещения.

Команда G53 работает только в режиме абсолютного позиционирования (G90). Если команда G53 задана в режиме относительного позиционирования (G91), система управления выдаст сообщение об ошибке.

Ниже представлены примеры использования команды G53.

(G54 G90)

N1 G00 X100 Y50 Z200;

N2 G53 G01 X0 Y0;

N3 G01 X200;

В блоке N1 осуществляется ускоренное перемещение инструмента в точку [x=100; y=50; z=200] активной рабочей системы координат (G54). В данном примере начало рабочей системы координат определяется точкой [x=-125; y=-125; z=0] относительно машинного нуля, соответствующего

пересечению диагоналей на поверхности координатного стола и оси шпинделя (примечание: актуально только для данной симуляции). В блоке N2 инструмент на линейной подаче перемещается в машинный ноль одновременно по осям x и y, при этом положение инструмента в рабочей системе координат определяется точкой [x=125; y=125; z=200]. В блоке N3 осуществляется линейное перемещение инструмента в точку [x=200; y=125; z=200].

(G54 G90)

N1 G00 X125 Y125 Z200;

N2 G53 X100;

N3 G53 Y-100;

N4 G53 X0;

N5 G53 Y0;

N6 X0 Y0 Z50;

В блоке N1 осуществляется ускоренное перемещение инструмента в точку [x=125; y=125; z=200] активной рабочей системы координат (G54). Смещение начала рабочей системы координат относительно машинного нуля соответствует предыдущему примеру. В блоке N2 инструмент ускоренно перемещается по оси x на отметку x=100 относительно машинного нуля, при этом положение инструмента в рабочей системе координат определяется точкой [x=225; y=125; z=200]. В блоке N3 инструмент ускоренно перемещается по оси y на отметку y=-100 относительно машинного нуля, при этом положение инструмента в рабочей системе координат определяется точкой [x=225; y=25; z=200]. В блоке N4 инструмент ускоренно возвращается в машинный ноль по оси x, что соответствует точке [x=125; y=25; z=200] в рабочей системе координат. В блоке N5 инструмент ускоренно возвращается в машинный ноль по оси y, что соответствует точке [x=125; y=125; z=200] в

рабочей системе координат. Блок N6 осуществляет ускоренное перемещение инструмента в точку $[x=0; y=0; z=50]$ рабочей системы координат.

При выполнении перемещений в системе координат станка по коду G53 на дисплее отображаются машинные координаты инструмента.

В случае если команда G53 вызывается в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента (G41/G42), вектор коррекции временно обнуляется. После выполнения команды G53 автоматическая коррекция на радиус инструмента возобновляется.

В случае если команда G53 вызывается в режиме автоматической коррекции на длину инструмента (G43/G44), вектор коррекции временно обнуляется. После выполнения команды G53 автоматическая коррекция на длину инструмента возобновляется, если не программировался код отмены коррекции G49.

Недопустимо использование команды G53 в режимах масштабирования (G51) и вращения (G68) координат, а также в одном блоке с командами G28 или G92.

8.15. Команды переключения рабочей системы координат G54-G59

Стандартный формат блока команд G54-G59:

G54 (G55, G56 ...) _;

Данная симуляция предоставляет возможность использования шести предварительно определённых рабочих систем координат. Выбор и установка (в качестве активной) рабочей системы координат осуществляется с помощью модальных кодов: G54, G55, G56, G57, G58, G59.

Смещения нулей каждой рабочей системы координат относительно машинного нуля координатного стола настраиваются предварительно в соответствующем разделе экрана параметров заготовки. В процессе

выполнения управляющей программы эти смещения могут изменяться с помощью команд G92 и G52.

Ниже представлен пример использования команд G54, G55 и G56.

(G54)

N1 G90 G55 G00 X0 Y0 Z20;

N2 G02 G91 Y100 R-60;

N3 G90 G56 G00 X150 Y250 Z0;

N4 G54;

N5 G00 X0 Y0 Z0;

В блоке N1 осуществляется переход из активной рабочей системы координат (G54) в рабочую систему координат G55 путём ускоренного перемещения в режиме абсолютного позиционирования (G90). В системе координат G55 конечное положение инструмента определяется точкой [x=0; y=0; z=20]. В блоке N2 в режиме относительного позиционирования (G91) осуществляется круговое движение по часовой стрелке в точку [x=0; y=100; z=20] активной рабочей системы координат (G55). В блоке N3 осуществляется переход из активной рабочей системы координат (G55) в рабочую систему координат G56 путём ускоренного перемещения в режиме абсолютного позиционирования (G90). В системе координат G56 конечное положение инструмента определяется точкой [x=150; y=250; z=0]. В блоке N4 в качестве активной выбирается рабочая система координат G54. В блоке N5 инструмент ускоренно перемещается в ноль активной рабочей системы координат (G54).

При выполнении перемещений на дисплее отображаются координаты инструмента в активной рабочей системе координат.

Команды G54-G59 можно задавать в отдельном блоке программы либо в блоках совместно с другими командами.

Недопустимо использование команд G54-G59 в режимах масштабирования (G51) и вращения (G68) координат.

8.16. Команда вызова макропрограммы G65

Стандартный формат блока команды G65:

G65 P_ (L_) (A_ B_ C_ D_ E_ F_ H_ I_ J_ K_ M_ Q_ R_ S_ T_ U_ V_ W_ X_ Y_ Z_);

Команда G65 служит для вызова макропрограммы, код которой расположен в основной управляющей программе или в отдельной программе (с собственной нумерацией блоков). Если макропрограмма расположена в коде основной программы, она должна иметь заголовок вида OXXXX, заданный отдельным блоком. Также код макропрограммы может быть задан в дополнительной вкладке текстового редактора. В одном блоке с командой G65 обязательно задаётся параметр P. Целочисленный параметр P определяет четырёхзначный номер макропрограммы.

Необязательный целочисленный параметр L определяет количество последовательных вызовов макропрограммы, например, L3 означает, что макропрограмма будет вызвана 3 раза подряд. Допускается до 999 последовательных вызовов макропрограмм. Если параметр L не задан в блоке с командой G65, макропрограмма вызывается один раз.

Любая вызываемая макропрограмма должна заканчиваться кодом завершения M99. После завершения макропрограммы управление передаётся блоку, следующему за блоком с командой вызова макропрограммы (G65).

Макропрограммы используют пространство локальных переменных #1-#33, значения которым можно присваивать путём ввода буквенных аргументов после команды G65. Любые изменения значений локальных переменных в коде макропрограммы действуют только в самой макропрограмме и не возвращаются в основную программу.

Основной метод передачи аргументов в макропрограмму предполагает использование различных буквенных адресов A-Z (кроме G, L, N, O, P). При этом каждый буквенный адрес соответствует определённому номеру локальной переменной:

A – #1	I – #4	T – #20
B – #2	J – #5	U – #21
C – #3	K – #6	V – #22
D – #7	M – #13	W – #23
E – #8	Q – #17	X – #24
F – #9	R – #18	Y – #25
H – #11	S – #19	Z – #26

Пример: G65 P1001 L12 A35.5 B–14.2 Q8;

В данном примере макропрограмма O1001 вызывается 12 раз подряд, и при вызове макропрограммы в неё передаются значения локальных переменных: #1=35.5; #2=–14.2; #17=8.

Альтернативный метод передачи аргументов в макропрограмму предполагает использование буквенных адресов A, B, C, I, J, K. При этом каждый из адресов I, J, K может задаваться до 10 раз в одном блоке с кодом G65. Соответствие буквенных адресов номерам локальных переменных следующее:

A – #1	I4 – #13	I8 – #25
B – #2	J4 – #14	J8 – #26
C – #3	K4 – #15	K8 – #27
I1 – #4	I5 – #16	I9 – #28
J1 – #5	J5 – #17	J9 – #29
K1 – #6	K5 – #18	K9 – #30
I2 – #7	I6 – #19	I10 – #31
J2 – #8	J6 – #20	J10 – #32
K2 – #9	K6 – #21	K10 – #33
I3 – #10	I7 – #22	
J3 – #11	J7 – #23	
K3 – #12	K7 – #24	

Пример: G65 P1002 L3 I68.4 J-13 K4 I-18.5 J-9 K50.2 I19.2 J-1;

В данном примере макропрограмма O1002 вызывается 3 раза подряд, и при вызове макропрограммы в неё передаются значения локальных переменных: #4=68.4; #5=-13; #6=4; #7=-18.5; #8=-9; #9=50.2; #10=19.2; #11=-1; #12=88.8.

Макропрограммы обрабатываются по аналогии с внешними подпрограммами. Допускается использование до 20 вложенных макропрограмм со своей структурой кода – условными и безусловными переходами, циклами и т.д.

8.17. Команды управления режимом вращения G68, G69

Стандартный формат блока команд G68 и G69:

G68 X_ Y_ Z_ R_;

...

G69 _;

Модальная команда G68 включает режим вращения координат, действие которого отменяется командой G69.

Для определения параметров вращения система управления использует центр вращения, который можно задавать в одном блоке совместно с командой G68 с помощью адресов X, Y, Z. Если центр вращения не задан в блоке команды G68, система управления использует последнее положение инструмента в активной рабочей системе координат в качестве центра вращения.

Помимо координат центра вращения в блоке команды G68 задаётся угол вращения с помощью адреса R. Если угол вращения задан целым числовым значением, система управления принимает в расчёт значение, делённое на 1000 (например, параметр R45000 соответствует углу поворота координат 45 градусов). Если угол вращения задан дробным числовым значением (с

применением десятичной точки), система управления принимает в расчёт значение угла без изменений (например, параметр R180.0 соответствует углу поворота координат 180 градусов).

Положительное значение угла осуществляет поворот координат против часовой стрелки относительно центра вращения. Отрицательное значение угла осуществляет поворот координат по часовой стрелке относительно центра вращения.

Если вращение координат (G68) используется в режиме относительного позиционирования (G91), угол вращения изменяется относительно предыдущего значения.

Ниже представлен пример использования команд G68 и G69.

(G54 G90)

N1 G01 X200 Y200 Z-5;

N2 M97 P4 L3;

N3 M30;

N4 G91 G68 R120.0;

N5 G01 X100;

N6 Y100;

N7 X-100;

N8 Y-100;

N9 G69 G90 M99;

В блоке N1 осуществляется рабочее перемещение инструмента в точку C [x=200; y=200; z=-5] активной рабочей системы координат (G54). В блоке N2 вызывается внутренняя подпрограмма для обработки контура из четырёх перемещений. Внутренняя подпрограмма начинается с блока N4. В блоке N4 включаются режим относительного позиционирования (G91) и режим вращения координат (G68) с углом поворота (R) 120 градусов против часовой

стрелки. В качестве центра вращения принимается точка С. В блоке N5 инструмент линейно перемещается на 100 единиц в положительном направлении оси x в точку №1. В блоке N6 инструмент линейно перемещается на 100 единиц в положительном направлении оси y в точку №2. В блоке N7 инструмент линейно перемещается на 100 единиц в отрицательном направлении оси x в точку №3. В блоке N8 инструмент линейно перемещается на 100 единиц в отрицательном направлении оси y в точку С. В блоке N9 отключается режим вращения координат (G69), включается режим абсолютного позиционирования (G90) и завершается внутренняя подпрограмма (M99). Вызов внутренней подпрограммы осуществляется три раза подряд (L3). При каждом вызове подпрограммы угол вращения увеличивается на 120 градусов. После выполнения трёх контуров управление возвращается блоку N3, завершающему выполнение основной программы соответствующей командой M30. Последовательность перемещений из приведённого примера изображена на рисунке 38.

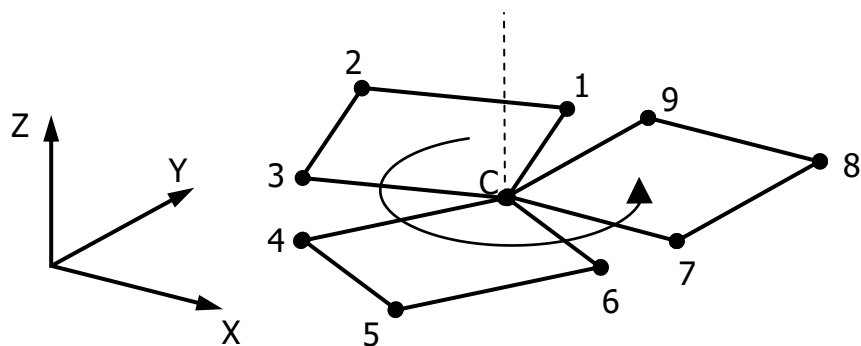


Рисунок 38 – Пример вращения системы координат

Команда G68 и сопровождающие её параметры всегда программируются в отдельном блоке. Недопустимо включение вращения в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента (G41/G42), при этом автоматическая коррекция на радиус инструмента может выполняться в режиме вращения.

Режим вращения может быть активирован в режиме масштабирования. Режим масштабирования нельзя активировать в режиме вращения.

Модальная команда G69 отменяет режим вращения координат, если он был активирован ранее командой G68. Команду G69 можно задавать в отдельном блоке программы либо в блоке совместно с другими командами.

8.18. Команды переключения режима позиционирования G90, G91

Стандартный формат блока команд G90/G91:

G90 (G91) _;

Команда G90 включает режим абсолютного позиционирования, при этом конечные координаты всех последующих ускоренных и рабочих перемещений, определяемые адресами X, Y, Z, задаются относительно нуля активной рабочей системы координат.

Команда G91 включает режим относительного позиционирования, при этом конечные координаты любого последующего перемещения, определяемые адресами X, Y, Z, задаются относительно предыдущего положения инструмента.

Коды G90 и G91 являются модальными. По умолчанию при запуске управляющей программы включен режим абсолютного позиционирования.

8.19. Команда преобразования системы координат заготовки G92

Стандартный формат блока команды G92:

G92 X_ Y_ Z_;

Команда G92 предназначена для программного смещения активной рабочей системы координат в произвольную точку. При этом выполняется смещение начала системы координат таким образом, чтобы текущее положение инструмента соответствовало значениям, заданным в одном блоке с командой G92.

Сама команда G92 не вызывает осевых перемещений. Смещение по команде G92 можно отменить путём программирования еще одного смещения G92, чтобы изменить текущую коррекцию детали обратно на первоначальное значение.

Ниже представлены примеры использования команды G92.

(G54 G90)

N1 G00 X150 Y50 Z200;

N2 G92 X0 Y0 Z0;

N3 G01 X100;

N4 G92 X250 Y50 Z200;

В блоке N1 инструмент ускоренно перемещается в точку [x=150; y=50; z=200] активной рабочей системы координат (G54). В блоке N2 происходит смещение рабочей системы координат таким образом, что текущее положение инструмента теперь определяется координатами [x=0; y=0; z=0]. В блоке N3 инструмент на линейной подаче переходит в точку [x=100; y=0; z=0]. В блоке N4 рабочая система координат возвращается в первоначальное положение.

(G55 G90)

N1 G00 X0 Y0 Z100 G92 Y-100;

N2 G01 X70 Y50 G92 Y150;

N3 G00 X0 Y0 Z100;

В блоке N1 инструмент ускоренно перемещается в точку [x=0; y=0; z=100] активной рабочей системы координат (G55). В этом же блоке задано смещение рабочей системы координат таким образом, что текущее положение инструмента теперь определяется координатами [x=0; y=-100; z=100]. В блоке N2 инструмент на линейной подаче переходит в точку [x=70; y=50; z=100]. В этом же блоке задано смещение рабочей системы координат в первоначальное положение таким образом, что текущее положение инструмента теперь

определяется координатами [x=70; y=150; z=100]. В блоке N3 инструмент ускоренно возвращается в точку [x=0; y=0; z=100].

В приведённом выше примере команда G92 задавалась в одном блоке с перемещением, что допустимо при условии ввода команды G92 после параметров перемещения (в правой части блока). В противном случае система управления выдаст сообщение об ошибке.

После остановки процесса симуляции запрограммированные смещения G92 обнуляются.

Команда G92 отменяет все действующие смещения G52.

Недопустимо использование команды G92 в режимах масштабирования (G51) и вращения (G68) координат, а также в одном блоке с командой G53.

8.20. Команды переключения режима подачи G94, G95

Стандартный формат блока команд G94/G95:

G94 (G95) _;

Модальная команда G94 включает режим минутной подачи. При этом значение рабочей подачи, заданное адресом F, определяется в размерности [мм/мин] или [дюйм/мин] в зависимости от выбранной системы измерений (G21 или G20). В режиме G94 скорость рабочих перемещений определяется только заданным значением F независимо от скорости вращения шпинделя.

Модальная команда G95 включает режим оборотной подачи. При этом значение рабочей подачи, заданное адресом F, определяется в размерности [мм/об] или [дюйм/об] в зависимости от выбранной системы измерений (G21 или G20). В режиме G95 скорость рабочих перемещений определяется заданным значением F, умноженным на число оборотов шпинделя S.

8.21. Команды управления способом возврата инструмента G98, G99

Стандартный формат блока команд G98/G99:

G98 (G99) _;

Модальная команда G98 включает режим возврата инструмента в исходную точку, определённую до начала выполнения постоянного цикла. Модальная команда G99 включает режим возврата инструмента в плоскость отвода, определённую параметром R постоянного цикла.

Использование кодов G98 и G99 в постоянных циклах позволяет обходить препятствия при сверлении серии отверстий в деталях сложной формы.

8.22. Команда отмены стандартных циклов G80

Постоянные циклы используются для операций сверления отверстий и нарезки резьбы метчиком, при этом позволяя сократить объём управляющей программы. В данной симуляции реализованы основные постоянные циклы системы Fanuc.

Стандартный формат блока команды G80:

G80 _;

Модальная команда G80 отменяет любой активный постоянный цикл. Код G80 может программироваться как в отдельном блоке, так и в одном блоке с другими командами. По умолчанию при запуске управляющей программы активна команда G80.

8.23. Стандартный цикл сверления G81

Стандартный формат блока команды G81:

G81 X_ Y_ Z_ R_ (L_ [K_]) (F_);

Цикл G81 выполняет сверление отверстия на полную глубину за один рабочий проход. Адресами X и Y задаются координаты отверстия в плоскости x-y. Адрес Z определяет координату дна отверстия. Параметр R определяет координату плоскости отвода сверла. Параметром L задаётся число повторов цикла сверления. Система управления допускает использование адреса K

вместо адреса L. Исходной точкой цикла служит последнее положение инструмента до начала цикла.

Если цикл сверления выполняется в режиме относительного позиционирования (G91), параметр R определяет смещение относительно исходной точки цикла по оси z, а координата дна отверстия Z определяет смещение относительно плоскости отвода R.

Последовательность операций цикла G81:

- 1) Ускоренное позиционирование инструмента в исходную точку;
- 2) Ускоренное позиционирование инструмента в плоскость отвода по оси z;
- 3) Линейное перемещение инструмента до дна отверстия на рабочей подаче F;
- 4) Ускоренный отвод инструмента из отверстия.

На последней операции инструмент отводится либо в исходную позицию (если активен код G98), либо в плоскость отвода (если активен код G99).

Многократный повтор цикла сверления целесообразен только в режиме относительного позиционирования (G91), иначе повторное сверление будет осуществляться с теми же координатами x и y центра отверстия.

8.24. Цикл сверления с задержкой G82

Стандартный формат блока команды G82:

G82 X_ Y_ Z_ R_ P_ (L_ [K_]) (F_);

Цикл G82 выполняет сверление отверстия на полную глубину за один рабочий проход с выдержкой времени на дне отверстия. Основные параметры цикла G82 соответствуют параметрам цикла G81. Дополнительный параметр P определяет время выдержки на дне отверстия. Если время задано с десятичной точкой, система управления определяет заданное значение как секунды,

например, P2.5 – задержка на дне отверстия на 2.5 секунды. Если время задано без десятичной точки, система управления определяет заданное значение как миллисекунды, например, P4000 – задержка на дне отверстия на 4000 миллисекунд или 4 секунды.

Последовательность операций цикла G82:

- 1) Ускоренное позиционирование инструмента в исходную точку;
- 2) Ускоренное позиционирование инструмента в плоскость отвода по оси z;
- 3) Линейное перемещение инструмента до дна отверстия на рабочей подаче F;
- 4) Выдержка времени на дне отверстия;
- 5) Ускоренный отвод инструмента из отверстия.

8.25. Циклы прерывистого сверления G83 и G73

Стандартный формат блока команд G83 и G73:

G83 (G73) X_ Y_ Z_ R_ Q_ (P_) (L_ [K_]) (F_);

Цикл G83 выполняет сверление отверстия с периодическим полным выводом инструмента из отверстия. Основные параметры цикла G83 соответствуют параметрам цикла G82. Дополнительный параметр Q определяет глубину одного рабочего прохода. После каждого рабочего прохода инструмент отводится либо в исходную позицию, либо в плоскость отвода, после чего сверление продолжается до достижения конечной глубины отверстия. В цикле G83 также возможна задержка на дне отверстия. В промежуточных рабочих проходах задержка не выполняется.

Цикл G73 аналогичен циклу G83 за исключением того, что инструмент не полностью выводится из отверстия, а поднимается на определённую величину. В данной симуляции величина возврата инструмента не

настраивается, и соответствует конечной глубине предыдущего рабочего прохода.

8.26. Циклы нарезания резьбы метчиком G84 и G74

Стандартный формат блока команд G84 и G74:

G84 (G74) X_ Y_ Z_ R_ (Q_) (P_) (L_ [K_]) (F_);

Цикл G84 выполняет нарезание внутренней правой резьбы метчиком. Параметры резьбы определяются значением рабочей подачи F и оборотов шпинделя S. Систему управления синхронизирует поступательное и вращательное движения шпинделя. В процессе выполнения цикла включение и выключение шпинделя осуществляется автоматически. Вывод метчика из отверстия всегда осуществляется на рабочей подаче с реверсивным вращением шпинделя.

Последовательность операций цикла G84:

- 1) Ускоренное позиционирование инструмента в исходную точку;
- 2) Ускоренное позиционирование инструмента в плоскость отвода по оси z;
- 3) Рабочее перемещение инструмента до дна отверстия (или до первой рабочей глубины) с включением вращения шпинделя по часовой стрелке;
- 4) Остановка вращения шпинделя (выдержка времени на дне отверстия по необходимости);
- 5) Включение реверсивного вращения шпинделя и вывод инструмента из отверстия.

Цикл G74 аналогичен циклу G84 за исключением того, что вращение шпинделя осуществляется в противоположенную сторону, что позволяет нарезать внутреннюю левую резьбу метчиком.

8.27. Циклы растачивания G76, G85, G86, G87, G88 и G89

Данные циклы применяются для растачивания отверстий специализированным инструментом, режущие кромки которого как правило имеют эксцентриситет относительно продольной оси.

Стандартный формат блока команды G76 (цикл чистового растачивания):

G76 X_ Y_ Z_ R_ Q_ (P_) (L_ [K_]) (F_);

Последовательность операций цикла G76:

- 1) Ускоренное позиционирование инструмента в исходную точку;
- 2) Ускоренное позиционирование инструмента в плоскость отвода по оси z;
- 3) Рабочее перемещение инструмента до дна отверстия;
- 4) Выдержка времени на дне отверстия;
- 5) Выключение вращения шпинделя с точным угловым позиционированием инструмента;
- 6) Отвод инструмента от стенки отверстия на величину Q на рабочей подаче;
- 7) Ускоренный вывод инструмента из отверстия и обратное горизонтальное смещение на величину Q;
- 8) Возобновление работы шпинделя.

Стандартный формат блока команды G85 (цикл растачивания отверстий):

G85 X_ Y_ Z_ R_ (L_ [K_]) (F_);

Данный цикл выполняет однопроходное растачивание отверстия без выдержки времени на дне отверстия. Смещение инструмента в горизонтальной плоскости не выполняется. Вращение шпинделя в процессе выполнения цикла не останавливается. После достижения дна отверстия инструмент поднимается

в плоскость отвода на рабочей подаче, а в исходную плоскость выходит уже ускоренно.

Стандартный формат блока команды G86 (цикл растачивания отверстий):

G86 X_ Y_ Z_ R_ (L_ [K_]) (F_);

Данный цикл выполняется по аналогии с циклом G85, кроме того, что на дне отверстия вращение шпинделя выключается, и инструмент выводится ускоренно из отверстия. После выполнения цикла работа шпинделя возобновляется.

Стандартный формат блока команды G87 (цикл обратного растачивания):

G87 X_ Y_ Z_ R_ Q_ (P_) (L_ [K_]) (F_);

В данном цикле растачивание отверстия осуществляется снизу-вверх, поэтому координата дна отверстия Z всегда выше плоскости R.

Последовательность операций цикла G87:

- 1) Ускоренное позиционирование инструмента в исходную точку;
- 2) Выключение вращения шпинделя с точным угловым позиционированием инструмента;
- 3) Ускоренное горизонтальное смещение инструмента на величину Q;
- 4) Ускоренное позиционирование инструмента в плоскость отвода по оси z;
- 5) Горизонтальное смещение инструмента на величину Q на рабочей подаче;
- 6) Запуск вращения шпинделя по часовой стрелке;
- 7) Линейное перемещение инструмента до дна отверстия на рабочей подаче F (движение снизу-вверх);
- 8) Выдержка времени на дне отверстия с вращающимся шпинделем;

9) Выключение вращения шпинделя с точным угловым позиционированием инструмента;

10) Ускоренное горизонтальное смещение инструмента на величину Q;

11) Вывод инструмента из отверстия на рабочей подаче;

12) Возобновление работы шпинделя.

Стандартный формат блока команды G88 (цикл растачивания отверстий):

G88 X_ Y_ Z_ R_ (P_) (L_ [K_]) (F_);

В реальной СЧПУ Fanuc цикл G88 предполагает ручной вывод инструмента из отверстия. В данной симуляции ручное позиционирование инструмента не выполняется, а цикл G88 выполняется по аналогии с циклом G86 с возможностью программирования выдержки времени на дне отверстия.

Стандартный формат блока команды G89 (цикл растачивания отверстий):

G89 X_ Y_ Z_ R_ (P_) (L_ [K_]) (F_);

Цикл G89 аналогичен циклу G85, кроме того, что в данном цикле применяется выдержка времени на дне отверстия.

8.28. Команды приостановки выполнения программы M00, M01

Стандартный формат блока команд M00/M01:

_ M01 (M00);

В данной симуляции коды M00 и M01 выполняются одинаково, и служат для приостановки процесса выполнения управляющей программы до её ручного возобновления. Код M00/M01 может программироваться как в отдельном блоке, так и в одном блоке с другими командами, при этом приостановка управляющей программы будет выполнена по завершению выполнения блока.

В данной симуляции код M00/M01 может использоваться для контроля корректности траекторий и режимов обработки в целях отладки управляющей программы.

8.29. Команды завершения выполнения программы M02, M30

Стандартный формат блока команд M02/M30:

_ M02 (M30);

В данной симуляции коды M02 и M30 выполняются одинаково, и служат для завершения процесса выполнения управляющей программы. Код M02/M30 может программироваться как в отдельном блоке, так и в одном блоке с другими командами, при этом управляющая программа будет завершена после выполнения блока.

При обнаружении кода M02/M30 парсинг управляющей программы завершается. При этом автоматически отключается вращение шпинделя и подача СОЖ. Внутренние подпрограммы, вызываемые кодом M97 необходимо программировать после кода M02/M30.

8.30. Команды управления вращением шпинделя M03, M04, M05

Стандартный формат блока команд M03, M04 и M05:

M03 (M04) S_;

Команды M03 и M04 предназначены для включения вращения шпинделя по часовой стрелке и против часовой стрелки, соответственно. При включении вращения шпинделя должна быть задана скорость вращения [об/мин] адресом S в одном блоке с командой M03/M04 или в предыдущих блоках.

Вращение шпинделя отключается командой M05.

8.31. Команда переключения инструмента M06

Стандартный формат блока команды M06:

T_ D_ M06;

При выполнении команды M06 система управления осуществляет следующий цикл операций:

- 1) выключение вращения шпинделя;
- 2) отключение подачи СОЖ;
- 3) ускоренное перемещение шпинделя в положение смены инструмента (по оси z);
- 4) корректирование углового положения шпинделя;
- 5) поворот по кратчайшему расстоянию инструментального магазина в целевую позицию, соответствующую заданному номеру инструмента адресом T;
- 6) смену инструмента с помощью устройства-манипулятора.

После завершения цикла смены инструмента возобновляется режим интерполяции, который был задан до выполнения команды M06 с помощью модальных кодов G00, G01, G02, G03. Вращение шпинделя и подача СОЖ автоматически не возобновляются, что требует их повторного включения соответствующими кодами.

В случае если на момент выполнения команды M06 не задан номер целевого инструмента адресом T, либо указан номер текущего инструмента, уже установленного в шпиндель, команда M06 игнорируется системой управления.

В случае если команда M06 вызывается в режиме автоматической коррекции на радиус инструмента (G41/G42), режим коррекции отключается без возобновления. При необходимости после каждой смены инструмента режим автоматической коррекции на радиус инструмента следует повторно включать с помощью команд G41 или G42 с указанием номера корректора текущего инструмента с помощью адреса D.

В случае если команда M06 вызывается в режиме автоматической коррекции на длину инструмента (G43/G44), режим коррекции отключается без возобновления. При необходимости после каждой смены инструмента режим автоматической коррекции на длину инструмента следует повторно включать с помощью команд G43 или G44 с указанием номера корректора текущего инструмента с помощью адреса N.

При попытке выполнения команды M06 в режимах масштабирования (G51) и вращения (G68) система управления выдаст сообщение об ошибке.

8.32. Команды управления подачей СОЖ M07, M08, M09

Стандартный формат блока команд M07, M08 и M09:

_ M07 (M08);

...

_ M09;

В данной симуляции коды M07 и M08 выполняются одинаково, и служат для включения подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания. Подача СОЖ отключается кодом M09. Коды M07/M08 и M09 могут программироваться как в отдельном блоке, так и в одном блоке с другими командами, при этом операция подачи/отключения СОЖ будет выполнена по завершению выполнения блока.

8.33. Команды управления подпрограммами M97, M98, M99

Стандартный формат блока команд M97, M98 и M99:

M97 P_ (L_);

...

M98 P_ (L_);

...

M99;

Команда M97 служит для вызова внутренней подпрограммы, код которой расположен в основной управляющей программе после команды завершения M02/M30. В одном блоке с командой M97 обязательно задаётся параметр P. Целочисленный параметр P определяет номер блока начала подпрограммы, например, P100 означает передачу управления блоку N100 начала подпрограммы, при этом блок начала подпрограммы обязательно должен содержать адрес N.

Необязательный целочисленный параметр L определяет количество последовательных вызовов подпрограммы, например, L3 означает, что внутренняя подпрограмма будет вызвана 3 раза подряд. Допускается до 999 последовательных вызовов подпрограмм. Если параметр L не задан в блоке с командой M97, подпрограмма вызывается один раз.

Команда M98 служит для вызова внешней подпрограммы. По аналогии с макропрограммами (G65) внешняя подпрограмма может быть расположена в основной управляющей программе или в отдельной программе (с собственной нумерацией блоков). Если подпрограмма расположена в коде основной программы, она должна иметь заголовок вида OXXXX, заданный отдельным блоком. Также код подпрограммы может быть задан в дополнительной вкладке текстового редактора. В одном блоке с командой M98 обязательно задаётся параметр P. Комплексный параметр P определяет номер подпрограммы, а также может содержать число вызовов подпрограммы. Так, например, параметр P31002 означает, что внешняя подпрограмма O1002 будет вызвана 3 раза подряд. В данной симуляции, если внешняя подпрограмма расположена в дополнительной вкладке текстового редактора, её номер должен соответствовать номеру вкладки текстового редактора. Если параметр P не содержит число вызовов подпрограммы, допускается использование параметра L аналогично формату команды M97.

Любая вызываемая подпрограмма должна заканчиваться кодом завершения M99. После завершения подпрограммы управление передаётся блоку, следующему за блоком с командой вызова подпрограммы (M97 или M98).

В данной симуляции допускается многоуровневый вызов подпрограмм – многократный вызов подпрограммы из подпрограммы. При этом следует соблюдать порядок вызова и завершения вложенных подпрограмм.

8.34. Параметрическое программирование

Симуляционная модель позволяет интерпретировать основные возможности языка параметрического программирования Macro B: работу с переменными, безусловный и условный переходы, а также циклы с предусловием.

8.34.1. Работа с переменными

Представленная система управления работает с общими и локальными переменными вида #_. Имя переменной (номер) задаётся целым числом. Перед номером переменной указывается символ решётки «#». Переменной можно присвоить значение с помощью оператора присваивания «= \Rightarrow ».

Системой управления интерпретируются арифметические и логические выражения, а также математические функции с использованием вложенных скобок «[...]».

Поддерживаемые арифметические операторы:

- 1) равенство: #1=#2;
- 2) сложение: #1=#2+#3;
- 3) вычитание: #1=#2-#3;
- 4) умножение: #1=#2*#3;
- 5) деление: #1=#2/#3.

В операции деления недопустимо использование нулевого значения делителя, в противном случае система управления выдаст сообщение об ошибке.

Поддерживаемые математические функции:

- 1) арксинус: #1=ASIN[#2];
- 2) синус: #1=SIN[#2];
- 3) арккосинус: #1=ACOS[#2];
- 4) косинус: #1=COS[#2];
- 5) арктангенс: #1=ATAN[#2];
- 6) тангенс: #1=TAN[#2];
- 7) квадратный корень: #1=SQRT[#2];
- 8) абсолютное значение: #1=ABS[#2];
- 9) округление: #1=ROUND[#2];
- 10) экспонента: #1=EXP[#2];
- 11) натуральный логарифм: #1=LN[#2];
- 12) округление в меньшую сторону: #1=FIX[#2];
- 13) округление в большую сторону: #1=FUP[#2].

Аргументами тригонометрических функций SIN, COS и TAN являются значения в угловых градусах.

Система управления контролирует корректность аргументов функций ASIN, ACOS, TAN, SQRT, а также LN. Числовое значение аргумента функций ASIN и ACOS должно соответствовать диапазону $[-1; 1]$. В качестве аргумента функции TAN недопустимо значение 90. В качестве аргумента функции SQRT недопустимы отрицательные значения. В качестве аргумента функции LN допускаются значения больше нуля.

Функция ROUND в операциях присваивания округляет значения выражений и переменных до целого. Если функция ROUND используется

после буквенных адресов, округление выполняется до 3 знаков после точки для метрических единиц и 4 знаков после точки для дюймовых единиц.

Поддерживаемые логические операторы:

- 1) конъюнкция И: #1=#2 AND #3 (альтернативное обозначение: &);
- 2) дизъюнкция ИЛИ: #1=#2 OR #3 (альтернативное обозначение: |).

Поддерживаемые операторы сравнения (применяются в условных выражениях):

- 1) равно: EQ (альтернативное обозначение: ==);
- 2) не равно: NE (альтернативное обозначение: <>);
- 3) больше: GT (альтернативное обозначение: >);
- 4) больше или равно: GE (альтернативное обозначение: >=);
- 5) меньше: LT (альтернативное обозначение: <);
- 6) меньше или равно: LE (альтернативное обозначение: <=).

Переменные могут быть заданы в качестве значений после буквенных адресов, например, X#1. Также в качестве значений после буквенных адресов могут использоваться выражения в скобках, например, Y[#2+SIN[#3]*#4]. Целочисленные значения G/M-кодов также могут задаваться переменными, например, G#4.

При составлении математических или логических выражений необходимо соблюдать порядок расстановки скобок. Если количество открывающих и закрывающих скобок не совпадает в одном выражении, система управления выдаст сообщение об ошибке.

При вычислении выражений порядок математических действий выполняется в соответствии с правилами математики – парсинг алгебраических выражений выполняется методом «Обратной польской нотации».

8.34.2. Безусловный и условный переходы

Оператор безусловного перехода GOTO предназначен для передачи управления определённому блоку программы, указанному после слова GOTO, например, при выполнении оператора GOTO20 осуществится переход к блоку N20. Блок, к которому осуществляется безусловный переход, обязательно должен содержать адрес N.

Ниже представлен пример использования безусловного перехода.

```
N10 G90 G00 X0 Y0 Z0;
```

```
N12 GOTO16;
```

```
N14 M30;
```

```
N16 G91 G01 X100;
```

В блоке N10 включается режим абсолютного позиционирования (G90) и выполняется ускоренное перемещение инструмента в начало активной рабочей системы координат. В блоке N12 осуществляется безусловный переход к блоку N16, в котором включается режим относительного позиционирования (G91) и выполняется рабочее линейное перемещение на 100 единиц в положительном направлении оси x.

Условный переход обеспечивает ветвление управляющей программы по критерию выполнения условного выражения. Оператор условного перехода IF задаётся в начале блока, после чего обязательно указывается условное выражение в скобках. Условное выражение должно содержать как минимум один оператор сравнения. Если условное выражение выполняется (значение условного выражения истинно), система управления выполняет правую часть блока (всё, что следует за условным выражением). Если условное выражение не выполняется (значение условного выражения ложно), управление передаётся блоку, следующему за блоком с условным выражением.

Ниже представлены примеры использования условного перехода.

N15 IF [#1 GE 360] THEN G00 Z0;

В блоке N15 проверяется условие: «если значение переменной #1 больше или равно 360». В случае истинности условного выражения осуществляется ускоренное позиционирование на отметку z=0.

Наличие оператора THEN после условного выражения необязательно.

N10 #3=20;

N12 IF [#1 LE #2 AND #2 GT 45] GOTO#3;

В блоке N10 переменной #3 присваивается значение 20. В блоке N12 проверяется условие: «если значение переменной #1 меньше или равно значению переменной #2 И значение переменной #2 больше 45». В случае истинности условного выражения осуществляется переход к блоку N20.

В представленном примере параметр перехода после оператора GOTO задан переменной, однако номер блока не может быть задан переменной, т.е. блок, к которому осуществляется переход, должен содержать адрес N с явным числовым значением (N20).

По аналогии с системой управления «СтанкоМашКомплекс» (г. Тверь) симулятор допускает использование многострочных условий вида:

IF [...] {... ...} ELIF [...] {... ...} ELSE {... ...}	IF [...] {...} ELIF [...] {...} ELSE {...}	IF [...] {...} ELIF [...] {...} ELSE {...}
---	--	---

В данном формате записи количество подусловий ELIF неограниченно. Наличие фигурных скобок обязательно. Между фигурными скобками может быть задано любое выражение или последовательность G-кодов в виде блоков.

Симулятор позволяет выполнять безусловные переходы в тело многострочных условий. При этом выполнение кода осуществляется по аналогии с языком программирования BASIC.

8.34.3. Циклы с предусловием

Цикл с предусловием программируется с помощью синтаксической конструкции WHILE...DO...END. Оператор WHILE задаётся в начале блока, после чего обязательно указывается условное выражение в скобках. Условное выражение должно содержать как минимум один оператор сравнения. После условного выражения указывается оператор начала цикла DO_n, где n – целочисленный индекс вложенного цикла от 1 до 3. После данного блока идут блоки, выполняемые в цикле. Цикл заканчивается оператором END_n, где n – индекс, соответствующий индексу начала цикла.

Если условное выражение выполняется (значение условного выражения истинно), управление передаётся блоку, следующему за блоком начала цикла (DO). Если условное выражение не выполняется (значение условного выражения ложно), управление передаётся блоку, следующему за блоком окончания цикла (END).

Цикл DO...END выполняется до тех пор, пока условное выражение истинно.

Ниже представлен пример использования цикла с предусловием.

N01 #1=300;

N02 #2=200;

N03 WHILE [#1 GT #2] DO1;

N04 #1=#1-10

N05 G91 X100;

N06 Y-100;

N07 X-100;

N08 Y100;

N09 END1;

N10 M30;

В блоке N1 переменной #1 присваивается значение 300. В блоке N2 переменной #2 присваивается значение 200. В блоке N3 начинается цикл с предусловием. После оператора WHILE следует условное выражение: «если значение переменной #1 больше значения переменной #2», в случае истинности которого управление передаётся блоку N4. В блоке N4 значение переменной #1 уменьшается на 10 (это происходит на каждой итерации цикла). В блоках N5, N6, N7 и N8 инструмент перемещается по квадратному контуру в режиме относительного позиционирования в плоскости x-y. Блок N9 завершает цикл оператором END. Цикл DO...END выполняется 10 раз подряд. На последней итерации цикла значение переменной #1 равно 200, следовательно, условие цикла не выполняется, и управление передаётся блоку N10, завершающему выполнение программы кодом M30.

Цикл DO...END может программироваться без предусловия WHILE. Допускается использование до трёх вложенных циклов, при этом следует соблюдать порядок индексации операторов DO и END.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общее описание программного продукта	1
2. Описание графического интерфейса пользователя	3
3. Принцип управления виртуальной камерой с помощью мыши	16
4. Режим построения модели траекторий режущего инструмента или режим отладки управляющей программы	18
5. Режим определения положения рабочих систем координат заготовки с помощью измерительного датчика	20
6. Режим определения вылета и диаметра инструмента с помощью измерительного датчика	22
7. Краткие инструкции по работе с симулятором фрезерного станка в режиме подключения физического ЧПУ контроллера	24
8. Краткая справочная информация по программированию операций фрезерной обработки в симуляторе	31
8.1. Команды линейной интерполяции G00 и G01	35
8.2. Команды круговой интерполяции G02 и G03	35
8.3. Программирование фасок и закруглений	37
8.4. Команда задержки выполнения программы G04	38
8.5. Команды выбора рабочей плоскости G17, G18, G19	39
8.6. Команды управления режимом полярных координат G15, G16	39
8.7. Команды выбора системы мер G20, G21	40
8.8. Команда возврата в референтную точку G28	40
8.9. Команда возврата из референтной точки G29	42
8.10. Команды управления режимом коррекции на радиус инструмента G40, G41, G42	43
8.11. Команды управления режимом коррекции на длину инструмента G43, G44, G49	48

8.12. Команды управления режимом масштабирования G50, G51	51
8.13. Команда установки локальной системы координат G52	56
8.14. Команда перехода в систему координат станка G53	58
8.15. Команды переключения рабочей системы координат G54-G59	60
8.16. Команда вызова макропрограммы G65	62
8.17. Команды управления режимом вращения G68, G69	64
8.18. Команды переключения режима позиционирования G90, G91	67
8.19. Команда преобразования системы координат заготовки G92	67
8.20. Команды переключения режима подачи G94, G95	69
8.21. Команды управления способом возврата инструмента G98, G99	69
8.22. Команда отмены стандартных циклов G80	70
8.23. Стандартный цикл сверления G81	70
8.24. Цикл сверления с задержкой G82	71
8.25. Циклы прерывистого сверления G83 и G73	72
8.26. Циклы нарезания резьбы метчиком G84 и G74	73
8.27. Циклы растачивания G76, G85, G86, G87, G88 и G89	74
8.28. Команды приостановки выполнения программы M00, M01	76
8.29. Команды завершения выполнения программы M02, M30	77
8.30. Команды управления вращением шпинделя M03, M04, M05	77
8.31. Команда переключения инструмента M06	77
8.32. Команды управления подачей СОЖ M07, M08, M09	79
8.33. Команды управления подпрограммами M97, M98, M99	79
8.34. Параметрическое программирование	81
8.34.1. Работа с переменными	81
8.34.2. Безусловный и условный переходы	84
8.34.3. Циклы с предусловием	86